



# EURO **elecs** EURO **2019**

III Encuentro Latinoamericano  
y Europeo sobre **Edificaciones  
y Comunidades Sostenibles**

**LIBRO DE ACTAS**  
**ISBN 978-987-47232-1-5**

## PRESENTACIÓN

El encuentro busca poner en foco e invitar a reflexionar sobre cuestiones inherentes a la sustentabilidad en el ambiente construido y en el modo en que damos forma a los espacios que habitamos y transitamos. En el mismo, se pretende lograr la transmisión de experiencias y saberes adquiridos entre los investigadores, especialistas y profesionales que actúan en las diversas áreas de la producción y construcción, reforzando el intercambio de conocimientos entre actores de diversos países.

Tal como lo simboliza el logotipo del encuentro, se avanza por un camino en expansión hacia un horizonte que crece en desarrollo social-científico-tecnológico y en complejidad, involucrando cada vez más a disciplinas que se especializan y se potencian las unas a las otras; un camino lento, pero que se enriquece a cada paso.

Se tiene como objetivos la concientización de los actores involucrados respecto al momento que está viviendo el planeta y la profundización de líneas de acción amigables con el ambiente. También informar sobre productos, equipos y servicios que posibiliten la aplicación de nuevos procesos tanto en edificios de alta tecnología como en viviendas populares de bajo costo; así como conocimientos alternativos que privilegien el uso racional de energía y la preservación del medio ambiente, sin perjuicio de las condiciones de confort alcanzadas. Uno de los puntos fuertes del encuentro es priorizar la escala regional de los impactos antrópicos, que no conocen de barreras ni fronteras impuestas por el hombre. Así es que se conforma un solo evento con dos sedes, Santa Fe y Paraná separadas por un río, de forma que la sostenibilidad e integración regional se vean no solo reflejadas en el espíritu de los trabajos académicos y mesas redondas de intercambio, sino también en el modo y logística del evento.

La propuesta es brindar al público charlas y conferencias con invitados nacionales e internacionales, talleres demostrativos y minicursos, presentación de artículos y posters, presentación de productos y procesos más sostenibles, concurso de proyectos, visitas técnicas y exposiciones. Su invitación es extensiva a investigadores, profesionales, alumnos de grado y postgrado, empresas constructoras y fabricantes de materiales, representantes de organismos públicos, entidades y ONG's que se ocupan de las cuestiones ambientales, sociales, económicas, educativas, políticas y culturales relacionadas con el ambiente construido. La intención es reducir el espacio que separa a la comunidad académica de la sociedad toda, a la teoría de la práctica.

El evento tiene origen en Brasil en un encuentro de orden nacional (ENECS) celebrado en 1997, que luego se expandió a un contexto latinoamericano (ELECS), llevándose a cabo bianualmente desde 2001, y que en el año 2015 ha tomado la forma en que se desenvuelve actualmente, de carácter internacional (EURO-ELECS). Esta promovido por el grupo de trabajo "Desenvolvimento Sustentável" de ANTAC (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO); en esta ocasión cuenta con el auspicio de la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe y Paraná y con la organización de la Fundación Eco Urbano.

## DISERTANTES

- **Alejandro Ferreyro**  
(Universidad de la República - Uruguay)  
Coordinadora en mesa “Ecobarrios y la tierra como material de construcción”
- **Andrea Parissi Kern**  
(RED C.I.R.E.S.)  
Coordinadora en mesa “Salud y ambiente y residuos sólidos urbanos”
- **Carlos Manessi**  
(CEPRONAT)  
Coordinador en mesa “Salud y ambiente y residuos sólidos urbanos”
- **Carlos Taibo**  
(Profesor de Ciencias Políticas y de la Administración)  
Conferencia “Decrecimiento”
- **Daniel Verzeñassi**  
(FORO ECOLOGISTA de Paraná –Entre Ríos)  
Mesa “Salud y ambiente y residuos sólidos urbanos”
- **Diego Leone**  
(Secretaría de Estado de Hábitat Provincia de Santa Fe)  
Mesa “Acción de los municipios contra el cambio climático y hábitat social”
- **Fernando Cacopardo**  
(Arquitecto y docente em UNMdP)  
Coordinador en mesa “Acción de los municipios contra el cambio climático y hábitat social”
- **Laura Berros**  
(Consultora ambiental independiente)  
Conferencia “Energías limpias y planificación sostenible”
- **Fernando De La Rosa**  
(Colégio de Arquitectos de la provincia de Entre Ríos)  
Coordinador en mesa “Planeamiento y desarrollo urbano metropolitano en entornos fluviales”
- **Florencia Mitchell**  
(Red Argentina de Municipios Frente al Cambio Climático)  
Coordinadora en mesa “Acción de los municipios contra el cambio climático y hábitat social”
- **Gabriela Merlinsky**  
(Socióloga, Doctora en Geografía, Investigadora del CONICET y del Instituto de Investigaciones Gino Germani)  
Conferencia “Defender lo común: las batallas por la justicia ambiental”

**Horacio Enriquez**  
(Fundación ECO-URBANO)



Coordinador en mesa “Salud y ambiente y residuos sólidos urbanos”



**Isabel Donato**  
(Eco barrio Villa del Sol –Salsipuedes)

Coordinadora en mesa “Ecobarrios y la tierra como material de construcción”

**Juan Pablo Arroyo**  
(Arquitecto Planificador y Consultor en Vivienda)



Coordinador en mesa “Acción de los municipios contra el cambio climático y hábitat social”



**Laura Marín Carrillo**  
(Ecovilla “Tunduqueral”)

Coordinadora en mesa “Ecobarrios y la tierra como material de construcción”

**Luis Silvio Ríos Cabrera**  
(Arquitecto, investigador y consultor)



Conferencia “Naturaleza y desarrollo sostenible”



**Miguel Ángel Pino Quilodrán**  
(RED C.I.R.E.S.)

Coordinador en mesa “Planeamiento y desarrollo urbano metropolitano en entornos fluviales”

**Mirta Soijet**  
(Arquitecta. Investigador con proyectos UNL, UNR, UNER y SECyT.)



Coordinadora en mesa “Planeamiento y desarrollo urbano metropolitano en entornos fluviales”



**Norberto Iglesias**  
(Instituto de investigaciones en Desarrollo Urbano, Tecnologías y Vivienda de la Universidad Nacional de Mar del Plata)

Coordinador en mesa “Acción de los municipios contra el cambio climático y hábitat social”

**Oscar Duarte**  
(Dirección provincial de Hidráulica de Entre Ríos)



Coordinador en mesa “Planeamiento y desarrollo urbano metropolitano en entornos fluviales”



**Rodolfo Rotondaro**  
(Instituto de investigaciones en Desarrollo Urbano, Tecnologías y Vivienda de la Universidad Nacional de Mar del Plata)

Coordinador en mesa “Ecobarrios y la tierra como material de construcción”

**Amilcar Ulises Tomassi**



Coordinador en mesa “Salud y ambiente y residuos sólidos urbanos”



## Actividades

Disertación magistral	Decrecimiento	Carlos Taibo (España)
Disertación magistral	Naturaleza y desarrollo sostenible	Luis Silvio Ríos Cabrera (Paraguay)
Disertación magistral	Energías limpias y planificación sostenible	Laura Berros Miguel Ángel Pino Quilodrán
Disertación magistral	Defender lo común: las batallas por la justicia ambiental	Gabriela Merlinsky (Argentina)
Mesa redonda: Ecobarrios y la tierra como material de construcción.	Desarrollo sustentable del hábitat en pequeños conglomerados urbanos y rurales. Utilización de la tierra en las construcciones actuales.	Isabel Donato Laura Marín Alejandro Ferreiro Rodolfo Rotondaro
Mesa redonda: Acción de los municipios contra el cambio climático y Hábitat social.	Estrategias locales para lograr municipios más sostenibles, desde el punto de vista climático. Como compatibilizar con las necesidades de las familias con carencias básicas insatisfechas.	Florencia Mitchell Fernando Cacopardo Norberto Iglesias Juan Pablo Arroyo Diego Leone
Mesa redonda: Planeamiento y Desarrollo urbano metropolitano en entornos fluviales.	Desarrollo Urbano de Ciudades en entornos fluviales. Pautas normativas y económicas para un Urbanismo Sostenible.	Mirta Soijet Fernando De La Rosa Miguel Ángel Pino Quilodrán Oscar Duarte
Mesa redonda: Salud y ambiente y Residuos sólidos urbanos.	Ambiente y calidad de vida de las comunidades; como hacer un manejo saludable de los Residuos sólidos urbanos.	Carlos Manessi Daniel Verzeñassi Andrea Parisi Kern Horacio Enriquez Ulises Tomassi

**Mural  
con  
revoque  
de  
tierra**



UTN FRSF

# TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

## ÍNDICE DE TRABAJOS

<b>1. MATERIALES, TÉCNICAS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS</b> .....	<b>15</b>
ESTUDO DA PRESSÃO DO SOLO NO SISTEMA DE FORMAS DURANTE A EXECUÇÃO DE TAIPA DE PILÃO Isabela Maria Carvalho Lunes; Ana Paula da Silva Milani .....	16
ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO USO DE AGREGADOS PROVENIENTES DO PROCESSAMENTO DE MATERIAIS VÍTREOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL Christian Souza Barboza; Agleison Ramos Omidó; Gabriela Sarti .....	28
DESARROLLO DE MATERIALES COMPUESTOS EN BASE A TIERRA INCORPORANDO RESIDUOS DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS Pablo Costamagna; Araí S. Rieppi Godoy; Santiago Cabrera .....	38
LADRILLOS SUTENTABLES DE PERLITA CRUDA Lucas Ramiro Burgos; Ángel Oshiro; María Inés Sastre; Héctor Cardozo .....	45
EVALUACION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE AGLOMERADOS BASADOS EN RESIDUOS DE ALGODÓN Y LOS TRATAMIENTOS EMPLEADOS Romina Argento; Andrés Malgor; María Fernanda Carrasco; Joao Ferreyra; Carlos Defagot; Rubén Grether; Mirtha Maximino .....	53
ANALISIS DE CICLO DE VIDA COMPONENTES DE CERRAMIENTO VERTICAL DE MATERIAL RECICLADO Julián González Laría; Alejandro Pablo Arena; Gaggino Rosana; Kreiker Jerónimo; Positieri María .....	62
ENTREPISOS DE DLT - OPORTUNIDADES DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL 100% DE MADERA REGLAMENTADO EN ARGENTINA Roberto Batalla .....	71
LA ACTUALIDAD DEL ADOBE. SUS LÓGICAS DE PRODUCCIÓN Y USO EN LA QUEBRADA DE HUMAHUACA (PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA) Virginia Saiquita; Jorge Tomasi .....	83
ESTUDO COMPARATIVO DA INFLUÊNCIA DA FORMA E DO CAPEAMENTO DE CORPOS DE PROVA DE CONCRETO CONVENCIONAL E DE ALTO DESEMPENHO NO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO Guilherme Augusto do Nascimento Amorim; Paulo Victor Campos Guimarães; José Luiz Pinheiro Melges; Jorge Luís Akasaki; Mauro Mitsuuchi Tashima; Guilherme Gutierrez .....	93
DESENVOLVIMENTO DE CHECKLIST PARA PROJETO DE COBERTURA VERDE: FERRAMENTA AUXILIAR PARA PROPOSTA DE GUIA. Priscila Nakamura; Andrea Naguissa Yuba; Bárbara Cristina Vieira Rocha .....	105
FACHADAS DE VIDRO EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS NO RIO DE JANEIRO Claudio Oliveira Morgado; Alice Brasileiro .....	112
LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA COMO APORTE A LA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE Matías Ortega; Alejandro Hernández .....	123
ZEOLITA COMO PUZOLANA EN HORMIGONES, COMPORTAMIENTO ANTE INDICADORES DE DURABILIDAD POR CORROSIÓN Bárbara Belén Raggiotti; Ángel Oshiro; Malena del Valle Monetti; María Soledad Gómez Lorenzini; Rosa Carina Andrada .....	130

BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CAL: EVALUACIÓN DE DOSIFICACIONES Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Santiago Cabrera; Ariel González; Rodolfo Rotondaro .....	141
MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA Renata Degraf Miara; Adriana de Paula Lacerda Santos; Sergio Scheer .....	149
COMPÓSITO A BASE DE SABUGO DE MILHO COMO ISOLANTE TÉRMICO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL Fábio Severo da Rosa; Giane de Campos Grigoletti; Rogério Cattelan Antochaves de Lima .....	162
O EMPREGO DA ANÁLISE TERMOGRÁFICA NO ESTUDO DA DURABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES Vicente Junio de Oliveira Rosse; Ana Flávia Ramos Cruz; Marina Barbosa Nogueira Lucena; Maria Teresa Gomes Barbosa .....	171
EFFICIENT AND SUSTAINABLE DESIGN FOR COMPACT HOUSES Carla Matheus; Adriana Petito de Almeida Silva Castro; Lucila Chebel Labaki .....	180
ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM O SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE Marcos Vinícius Gonçalves; Fabiana Pires Rosa; Andrea Parisi Kern .....	191
CONSTRUÇÃO COLETIVA DO CONHECIMENTO EMPÍRICO: PRÁTICAS DE BIOCONSTRUÇÃO NO ASSENTAMENTO PEQUENO WILLIAM Gustavina Alves da Silva; Liza Maria Souza de Andrade; Camila Maia .....	201
USO DE FIBRAS R-PET NO CONTROLE DA RETRAÇÃO DE TIJOLOS DE ADOBE Gustavo Rodrigues Lopes Tavares; Margareth da Silva Magalhães .....	212
INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CARVÃO VEGETAL EM COMPÓSITOS À BASE CIMENTÍCIA Marielza Corrêa dos Reis; Prof. Dr. Sheyla Mara Baptista Serra; Prof. Dr. João Vicente Zampieron .....	222
WOOD FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL: AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DE UM AMBIENTE Camila Rovaris; Helenice Maria Sacht .....	233
ESTUDO COMPARATIVO DE ARMADURA CONVENCIONAL VERSUS FIBRA DE AÇO NO REVESTIMENTO DE CONCRETO EM TUBOS DE AÇO Ricardo Luis Lenz; Andrea Parisi Kern; Francisco Carlos Tavares .....	244
EVALUACIÓN TÉRMICO-ENERGÉTICA DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA SUSTENTABLE CON MATERIALES RECICLADOS Halimi Sulaiman; María Paz Sánchez Amono; Rosana Gaggino; Lautaro Oga Martínez .....	248
CONSTRUÇÕES DE ADOBE EM ROSÁRIO OESTE, MATO GROSSO: UMA PREOCUPAÇÃO COM A PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA E DA TÉCNICA CONSTRUTIVA VERNACULAR Gisele Carignani; Náatali de Paula .....	262
ANÁLISE DAS DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS DO PROJETO DO CENTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DE ALVORADA, A PARTIR DOS PADRÕES DE CHRISTOPHER ALEXANDER Maíra O. Pires; Janaine F. Gaelzer Timm; Isadora C. Hackenhaar; Miguel Aloysio Sattler .....	271
POTENCIAL DE USO DO RESÍDUO DE VIDRO NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO Patryck Machado de Almeida; Ingrid Scaramussa Colombi Guidi; Cristina Engel de Alvarez; Cláudia Rodrigues Teles; Jéssica de Mello Machado .....	283
<b>2. RECURSOS: OBTENCIÓN, DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO DE AGUA Y ENERGÍA .....</b>	<b>293</b>
USO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM PANORAMA DA SUA APLICAÇÃO EM EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS Agleison Ramos Omido; Christian Souza Barboza; Édipo Sabião Sanches; Ítalo Sabião Sanches .....	294
UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NO RESFRIAMENTO DE PLACAS SOLARES	

Agleison Ramos Omido; Lucas Coutinho do Nascimento; Gabriela Sarti Figueiredo; Christian Souza Barboza .....	304
OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS BAJO NORMAS DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA MISMA. MODELO DE CONSUMO NETO (NET METERING)	
Adrian D'Andrea; Jorge Caminos .....	314
MORTEROS SUSTENTABLES: ESTUDIO DE ADHERENCIA DE MORTEROS CON INCORPORACION DE CAUCHO RECICLADO	
Rosa Carina Andrada; Virginia Mugetti; Florencia Gutierrez; Bárbara Belén Raggiotti; Francisco Ludueña .....	327
USO EFICIENTE DA ENERGIA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EXTERNA	
Belayne Marchi; Cristiano Gomes Casagrande; Maria Teresa Gomes Barbosa .....	336
INJUSTIÇA SOCIAL: AS ESTRATÉGIAS DE SOBREVIVÊNCIA HÍDRICA UTILIZADAS POR MORADORES DO ASSENTAMENTO PEQUENO WILLIAM EM PLANALTINA-DF	
Acácio Machado; Liza Andrade; Camila Maia .....	346
ESTUDO DA ENERGIA CONSUMIDA NA ETAPA DE CANTEIRO DE OBRAS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO	
Aline Silva Sauer; João Luiz Calmon .....	357
SIMULACIÓN DE LAS TEMPERATURAS ALCANZADAS POR LA RADIACIÓN SOLAR EN EL PAVIMENTO	
Ángel Queizán; Virginia Borges; Gerardo Botasso; Ana Castro Luna .....	369
CAMINHABILIDADE E ACESSIBILIDADE URBANA: AVALIAÇÃO DO BAIRRO MARINGÁ - SERRA - ESPÍRITO SANTO	
Priscila Alves Gomes; Brenda Aurora Pires Moura ; Fabiana Trindade da Silva .....	381
ECOLOGICAL SEWAGE TREATMENT STATION WITH APPROPRIATION FOR AN URBAN PARK IN BARRA DO BUGRES-MT	
Gisele Carignani; Jassiellyne Marchetto .....	391
INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EM COMPÓSITO DE CONCRETO	
Gabriela Tavares Santiago; Iago Pelegrini; Matheus Vosgnach; Mára Zeni; Vinicio Ceconello .....	405
MOVILIDADES Y ARQUITECTURAS EN TRANSFORMACIÓN: LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y EL DIALOGO CON LA SUSTENTABILIDAD EN EL NOROESTE ARGENTINO. LOS CASOS DE CORANZULÍ (JUJUY) Y NAZARENO (SALTA).	
Natalia Veliz; Julieta Barada .....	411
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ESCOLA DE ENSINO BÁSICO ELISEU NOBERTO, EM DELMIRO GOUVEIA-AL	
Aline Maria Pereira Nogueira; Gabriel Souza Cavalcante; Karla Juliana Cordeiro Costa; Leonam Barbosa Reis; Thauany Alves Pastor .....	425
<b>3. CIUDADES: INFRAESTRUCTURA, GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN .....</b>	<b>433</b>
EFFECTOS DE SISTEMAS DE DRENAJE SUSTENTABLES EN NUEVAS URBANIZACIONES	
Guillermo Mena; Alicia Gamino; Ángel Queizán; Rubén Fittipaldi; Diego Amiconi; Florencia Palmitano; Paola Soledad Cedrik; Franco Gimenez; Lucas Morgante .....	434
ANÁLISIS DE INSERCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE BAJA ESCALA DE POTENCIA EN UNA RED URBANA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MARCO DEL PROGRAMA PROSUMIDORES DE LA PROVINCIA DE SANTA FE	
Ulises Manassero; Diego López; Juan Marcos Banegas; Mariano Nicolau; Esteban Salvetti .....	445
CRITERIOS AMBIENTALES EN REGULACIÓN DE ORDENAMIENTO URBANO-TERRITORIAL EN CIUDADES ARGENTINAS. ESTUDIO DE CASOS.	
Julia Carolina Sarniotti .....	457



UTILIZAÇÃO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ, HIDRÓXIDO DE SÓDIO E METACAULIM EM TRAÇOS DE CONCRETO ATIVADOS ALCALINAMENTE Paulo Victor Campos Guimarães; Guilherme Augusto do Nascimento Amorim; José Luiz Pinheiro Melges; Jorge Luís Akasaki; Mauro Mitsuuchi Tashima; Mateus Barbosa Nishigima .....	469
ANÁLISE FATORIAL E PLANEJAMENTO URBANO: CRIAÇÃO DE INDICADOR DE EFICIÊNCIA URBANA (IEURB) PARA OS MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO DO SUL Tiago Machado Faria de Souza; Cibele Runichi Fonseca; Vivian Leticia Aguero Godoy; Cláudia Maria Sonaglio .....	481
GESTIÓN URBANA DEL AGUA EN EFLUENTES CLOACALES TRATADOS Miriam Cecilia López; José Alberto Flores; Edgardo Ghellinaza; Gastón Paéz Villavisencio .....	493
IMPERMANÊNCIAS: ENSAIOS DE MICROPLANEJAMENTO E PRÁTICAS URBANAS CRIATIVAS AOS INTERSTÍCIOS URBANOS NOS BAIRROS BOA VISTA I E BOA VISTA II, VILA VELHA -ES. Jáfia Quaresma Pinto; Alexandre Ricardo Nicolau; Giovanilton André Carretta Ferreira .....	500
APORTES A LA GESTIÓN DE UN PROCESO DE URBANIZACIÓN POPULAR María Macarena Blanco Pepi; Jeremías Ispizúa; Antonela Mitidieri; Fernando Alfonso Cacopardo; María Inés Cusán .....	509
MÓDULO HABITACIONAL TRANSPORTABLE DE USOS MULTIPLES CONSTRUIDO EN MADERA Luis Agustin Ricci; Jeremias Borghello .....	519
HABITACIÓN Y OCUPACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE MACAPÁ-AMAZONIA / BRASIL Adailson O. Bartolomeu; Anderson T. Lameira; Luís Lopes .....	527
A RESILIÊNCIA COMO FATOR DE GESTÃO URBANA: ESTUDO DE CASO DO PLANO MUNICIPAL DE DRENAGEM URBANA DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL Thais Helena Prado Corrêa; Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira .....	539
INTERVENÇÕES EM RIOS URBANOS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO Eneida de Almeida; Ana Maria Antunes Coelho; Lucas Navarro Teixeira .....	548
A PRAÇA DA CIDADANIA E A SUA IMPORTÂNCIA PARA A QUALIDADE DA PAISAGEM URBANA Vivian Dall'Igna Ecker .....	561
CAMPUS UNIVERSITÁRIO: SUA PAISAGEM E AMBIÊNCIAS Vivian Dall'Igna Ecker .....	571
PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTORES ANAERÓBIOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR Isabela Barros de Sena; Nithyane Rayssa Pires Barros; Juliana Ferreira Bezerra Moccock; Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani; Sergio Peres Ramos da Silva .....	583
TEMPORARITY IN URBAN CONTEXTS REDEVELOPMENT Rossella Franchino; Caterina Frettoloso; Nicola Pisacane .....	592
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL À MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE Mariele Corrêa dos Reis; José da Costa Marques Neto .....	601
ELABORAÇÃO DE ARQUIVO CLIMÁTICO DAS CIDADES BRASILEIRAS ESTABELECIDAS NA NBR 15220-3 PARA O SOFTWARE ENVI-MET 4.0 Cárdenas Celis, Anneli Maricielo; Silva, Caio Frederico .....	614
MODELO DE GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Erick Arturo Mellado Cabrera; Saulo Moisés Mendez Garza; Edgar Virgilio Ayala Zapata .....	626
APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES CONSIDERANDO O CONCEITO DE NET ZERO WATER BUILDINGS Amanda Oliveira da Silva; Ana Luzia Leandro Argôlo; Luiza Barroso Martins Dutra e Mello; Tamara Damasceno da Cunha; Karoline Figueiredo; Assed Naked Haddad; Marcelo Gomes Miguez; Aline Pires Veról .....	636



ANÁLISE DA PAISAGEM URBANA: UM ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DE PACIÊNCIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL	
Elizabeth Sá Barreto Lopes Nogueira; Andressa Ivo Oliveira da Silva; Daniel Athias de Almeida .....	648
COMUNIDADE SOLIDÁRIA: ESPAÇOS SOCIOPRODUTIVOS PARA UMA NOVA RURALIDADE NO ASSENTAMENTO PEQUEÑO WILLIAM EM PLANALTINA - DF	
Camila Maia Dias; Liza Maria Souza de Andrade; Natália da Silva Lemos; Gustaviana Alves da Silva; Acácio Machado Alves; Guilherme da Silva Santos; Andréia Almeida Santos .....	659
CLIMATOLOGIA URBANA: ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES, MACEIÓ, BRASIL	
Lina Martins de Carvalho; Ricardo Víctor Rodrigues Barbosa .....	672
TURISMO SUSTENTABLE EN LA MICRO REGIÓN INSULAR (SANTA FE)	
Patricia Mines; Enrique Mihura; Ricardo Giavedoni .....	684
<b>4. EDUCACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA .....</b>	<b>696</b>
GAZEBO ECOEFICIENTE NA UNIVERSIDADE	
Germana Costa Rocha; Giulian Antônio Rodrigues Vasconcelos; Normando Perazzo Barbosa; João Marcelo Dias Ferreira .....	697
DISEÑO DE ARQUITECTURA CON TIERRA	
Alejandro Ferreiro; Helena Gallardo; Javier Márquez .....	707
SOSTENIBILIDAD COMO FORMACIÓN TRANSVERSAL PARA INGENIERÍA CIVIL DE UTN.BA EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	
José Luis Verga; Gerardo Horacio Jesús Burdisso; Ana María Ferreiro; Mónica Kreskó .....	713
COMUNIDAD, SOSTENIBILIDAD, AMBIENTE, PLANEAMIENTO, URBANISMO Y DISEÑO, TEMÁTICAS INVOLUCRADAS DE MANERA CONJUNTA EN 'PLANIFICACIÓN URBANA SUSTENTABLE', INGENIERÍA CIVIL, UTN.BA	
José Luis Verga; Mariano Papaiani; Mónica Kreskó .....	726
ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE CONTEÚDO PARA DISCIPLINA DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA	
Renata Benedetti Mello Nagy Ramos; Andrea Naguissa Yuba .....	738
PROGRAMA DE EDUCACIÓN VERDE "DESARROLLANDO CONCIENCIA"	
Juan Pablo Arroyo .....	750
QUILOMBO, ESCUELA Y DESARROLLO SOSTENIBLE: LA MEMORIA EN EL PROCESO DE (RE) PRODUCCIÓN DE LA COMUNIDAD DE SÃO JOÃO DO MATAPI, MACAPÁ-AMAPÁ-BRASIL.	
Adailson Oliveira Bartolomeu; Eugénia Luz Da Silva Foster; Silvaney Rubens Alves de Souza .....	758
PROPUESTA DIDÁCTICO- EXPERIMENTAL EN INGENIERÍA: ENSEÑANZA DE LA FÍSICA- TERMOMETRÍA- CALORIMETRÍA	
Darío Rodolfo Echazarreta; Norma Yolanda Haudemand .....	767
CHALLENGES OF THE LIFE CYCLE EVALUATION IN BRAZILIAN CONSTRUCTIONS	
Lilian Cristine Witicovski; Nathalia Cardoso De Azevedo; Lorena Victória Januário Wosch; Sergio Fernando Tavares; Maria do Carmo Duarte Freitas; Alessandro Camargo da Silva .....	777
REFLEXÕES SOBRE GESTÃO AMBIENTAL NOS PLANOS DE DESENVOLVIMENTO DE INSTITUIÇÕES PÚBLICAS BRASILEIRAS DE ENSINO SUPERIOR	
Dinara Paixao; Dilmar Paixão; Amanda Sagrilo; Elaise Gabriel .....	787
EVOLUÇÃO DO PROGRAMA 'SWMM NBR 9649' PARA SIMULAÇÃO DE REDES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO CONFORME AS VARIÁVEIS DA NORMA BRASILEIRA NBR 9649	
Marco Valério de Albuquerque Vinagre; Alan Marcel Fernandes de Souza; Aline Martinho Trindade Ferreira; Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes; Miroslawa Luczynski .....	796
LA PEDAGOGIA DE LOS GRANOS DE TIERRA	
Alba Rivero Olmos; Wilfredo Carazas Aedo .....	808

PLANO DE EDUCAÇÃO BIM: O ESTUDO DE CASO DA FIRJAN SENAI NA DIFUSÃO DA METOLOGIA BIM NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO Cristiane Ramos Magalhães .....	818
<b>5. VIVIENDA: INNOVACIONES, NET ZERO .....</b>	<b>827</b>
EMPREGO DE OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA ONU NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL Maisa Carvalho; Gabriel Gonçalves; Andrea Yuba .....	828
TECNOLOGÍA Y MATERIALES PARA EL CERRAMIENTO EN LA VIVIENDA POPULAR Gabriel Cacopardo; Patricio Freire; Isaac Melian; Rodolfo Rotondaro; Mariana Camino .....	837
DISEÑO DE UN MÓDULO HABITACIONAL DE EMERGENCIA ABASTECIDO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA Miriam Cecilia López; Germán Rodolfo Henderson; Silvia Curadelli; Roxana Piastrellini; Alejandro Pablo Arena; Tamara Antoniucci .....	850
RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE PAREDE E ENERGIA INCORPORADA EM PROJETOS DE EHS Renata Postay; Andrea Parisi Kern .....	859
VIVIENDA Y VULNERABILIDAD SOCIAL, LA NECESIDAD DE OPCIONES INDUSTRIALIZADAS. CASO PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Jorge Daniel Czajkowski; María de la Paz Diulio .....	868
ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E LUMÍNICO DA APLICAÇÃO DE GARRAFAS PETS EM UM MODELO DE BAIXO CUSTO Egon Vettorazzi; Helenice Maria Sacht; Pedro Henrique Martins .....	880
AVALIAÇÃO TÉRMICA DE COMPONENTES DE ALVENARIAS POR MEIO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA Gabriel Carvalho da Silva; Pedro Igor Bezerra Batista; Yêda Vieira Póvoas .....	887
EVALUATIONS AND THERAPIES OF PATHOLOGICAL PROBLEMS IN WALL, FLOOR, CEILING AND FACADE COATINGS: CASE STUDY OF HOSPITAL BUILDING IN BRAZIL Pedro Igor Bezerra Batista; José Vitor da Silva Macedo; Amanda Peixoto Pereira; Yêda Vieira Póvoas; Alberto Casado Lordsleem Jr. ....	896
BIOCLIMATIC ANALYSIS FOR A LOW- INCOME ARCHITECTURAL PROJECT Marcelo Adolfo Jiménez; Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos; Maria Lygia Niemeyer .....	909
VILA RESIDENCIAL DA UFRJ: A VEGETAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR AS ALTAS TEMPERATURAS Emanuela A. da Rocha; Andre Luis Paiva; Patrícia R C Drach; Gisele S Barbosa .....	917
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ESCOLA DE ENSINO BÁSICO ELISEU NOBERTO, EM DELMIRO GOUVEIA-AL Aline Maria Pereira Nogueira; Gabriel Souza Cavalcante; Karla Juliana Cordeiro Costa; Leonam Barbosa Reis; Thauany Alves Pastor .....	928
A LEGISLAÇÃO E O ADENSAMENTO URBANO: UM ESTUDO DE CASO NO RECREIO DOS BANDEIRANTES, RIO DE JANEIRO Andressa Ivo Oliveira da Silva; Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos .....	936
PRECIPITACIÓN DE CARBONATO DE CALCIO INDUCIDA POR MICROORGANISMOS. EVALUACIÓN DE SU UTILIDAD EN LA REPARACIÓN DE FISURAS EN MORTEROS DE EXPERIMENTACIÓN Diana Gonzalez; Anabela Guillarducci; Rudy Grether; Sergio Guerrero; Federico Andrés .....	947
PILOTO MEJORAMIENTO INTEGRAL CONDOMINIO SOCIAL EL BOSQUE I, STGO, CHILE /144 VIVIENDAS Sebastian Mery .....	954

<b>6. POLÍTICAS PÚBLICAS .....</b>	<b>965</b>
PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT CONSTRUIDO CON TIERRA EN LOS VALLES CALCHAQUÍES, TUCUMÁN. ESTUDIO DE CASO DE PROMEVI POR COOPERATIVAS Pablo Dorado; Rodolfo Rotondaro .....	966
EL ROL DE LOS GOBIERNOS LOCALES EN LA APLICACIÓN DE ARQUITECTURA SUSTENTABLE. CASO: CIUDAD DE CONCEPCIÓN David Elsinger; Beatriz Garzón .....	977
GESTIÓN ASOCIATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT SUSTENTABLE: CICLOS LOCALIZADOS EN LAS PROVINCIAS DE CÓRDOBA Y MENDOZA - ARGENTINA Alejandro Raúl Dominguez; Gabriel Vaccaro; Mónica Tedesco; Victoria Di Césare .....	990
ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES EXISTENTES EM ÁREAS DE RISCO COMO SUBSÍDIO À ELABORAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS Ariel Nunes de Oliveira; Igor Costa de Castro Magalhães; Mario Henrique da Silva Cabral; Maria Teresa Gomes Barbosa .....	1002
CARACTERIZAÇÃO DE NECESSIDADES HABITACIONAIS EM MORADIAS AUTOCONSTRUÍDAS: ESTUDO DE CASO EM CARUARU-PE Rhaiana Bandeira Santana; Vanda Alice Garcia Zanoni .....	1014
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL <b>Graciela Viviana Zucarelli</b> .....	
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL Ana Maria Antunes Coelho; Antonio Kodi Quitakava; Eli Marcio dos Santos; Silvio Vasconcellos; Tamara Oliveira Marques de Toledo .....	1029
AGRICULTURA URBANA E OS PLANOS DIRETORES: UMA ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS DA RMPA Guilherme Cipriano Michels; Ana Paula Utzig; Márcia Azevedo de Lima; Patrícia de Freitas Nerbas .....	1038
USO RACIONAL DE ÁGUA: ANÁLISE DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO EM ESCOLAS PÚBLICAS Pablo Serradourada; Daniel Sant'Ana; Samyriam Ramos .....	1050
CAMINHOS PARA AS BICICLETAS EM VILA VELHA Victor Ennio Villela Peixoto da Costa; Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos .....	1060
ECONOMIA CIRCULAR - UMA PERSPETIVA DE RESILIÊNCIA Maria Cândida Conde Marreiros; Susana Carla Ferreira de Oliveira .....	1070
REFLEXÕES SOBRE O ESPAÇO AUTOCONSTRUÍDO A PARTIR DA CAPACITAÇÃO DE SEUS MORADORES Sonia Dique Fragozo; Sylvia Meimaridou Rola .....	1076
DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE MATERIAIS DE MADEIRA - UMA REVISÃO Anna Claudia Fischer; Renata do Prado Leite; Ana Sofia Marin; Sérgio Fernando Tavares .....	1084
VIABILIDADE ECONÔMICA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO AEROPORTO DE BELÉM-PA Marco Valério de Albuquerque Vinagre; Ari Ricardo Sousa de Moraes; Leonardo Augusto Lobato Bello; Maria Lúcia Bahia Lopes; Alberto Carlos de Melo Lima .....	1097
O PNHR E AS NECESSIDADES DO MEIO RURAL: ESTUDO DE CASOS EM ASSENTAMENTOS DE MATO GROSSO DO SUL Fhelippe Batista Werle; Andréa Naguissa Yuba .....	1109
<b>7. SALUD Y AMBIENTE CONSTRUIDO .....</b>	<b>1120</b>
A SUSTENTABILIDADE SOCIAL E O MODELO CONSTRUTIVO PARA EDIFICAÇÕES RURAIS: UM ESTUDO DE CASO NO ASSENTAMENTO ITAMARATÍ Christian Souza Barboza; Douglas Barreto .....	1121

SALUBRIDADE E HABITABILIDADE EM ÁREAS DE OCUPAÇÕES ESPONTÂNEAS: UM ESTUDO NO BAIRRO SÃO JOSÉ, VITÓRIA-ES Natielle Rangel Lopes; Érica Coelho Pagel; Alexandre Ricardo Nicolau .....	1131
ESTRATEGIAS PARA LA EFICIENCIA TERMO-ENERGÉTICA EN UN CENTRO PRIMARIO DE SALUD EN TAFÍ DEL VALLE, TUCUMÁN. Amalita Fernández; Beatriz Garzón .....	1143
QUALIDADE DO AR E VENTILAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE HOSPITALAR - O EXEMPLO DO EDIFÍCIO SARAH KUBITSCHKE NO RIO DE JANEIRO Mirna Elias Gobbi; Mauro Santos; Sylvia Meimaridou Rola .....	1153
A VENTILAÇÃO NATURAL COMO FORMA DE CONFORTO HIGROTÉRMICO: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM EDIFÍCIO ASSISTENCIAL DE SAÚDE NO RIO DE JANEIRO Kátia Maria Macedo Sabino Fugazza; Lucas Rosse Caldas; Maria Julia de Oliveira Santos .....	1162
AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA RODOVIA LAGOA-BARRA NO CONJUNTO HABITACIONAL MARQUÊS DE SÃO VICENTE, BAIRRO GÁVEA, RIO DE JANEIRO Guilherme Coutinho Fagerlande; Victória de Seixas da Cunha; Maria Lygia Niemeyer; Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos .....	1170
ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES: BARREIRAS E POTENCIALIDADES Juliana Grillo da Silva Madeira; João Luiz Calmon; Edna Aparecida Nico-Rodrigues; Márcia Bissoli Dalvi ...	1181
EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ARQUITECTURA HOSPITALARIA EN ESPAÑA. RETOS Y POSIBILIDADES Flavio Celis; Ernesto Echeverría; Fernando da Casa; Pilar Chías; Patricia Domínguez .....	1193
MODELOS DE NEGÓCIOS CIRCULARES PARA ALCANÇAR A SUSTENTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES Mayara Regina Munaro; Sérgio Fernando Tavares .....	1203
ENSINO DE SUSTENTABILIDADE APLICADA A CONSTRUÇÃO CIVIL: MASSIVE OPEN ONLINE COURSES Nathalia Cardoso De Azevedo; Lorena Victória Januário Wosch; Lilian Cristine Witicovski; Ana Paula Gessi; Alessandro Camargo da Silva .....	1215
<b>8. EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD .....</b>	<b>1225</b>
CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA SELO LABVERDE II Deize Sánches .....	1226
ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO BLOCO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS PELO MÉTODO DA ACV-M Camilla Farell; Isabela Lunes; Ana Paula Milani .....	1237
AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÃO CERTIFICADA A PARTIR DOS CONCEITOS DE ECO-EFICIÊNCIA E ECO-EFICÁCIA Camila Copello Canazaro; Andrea Kern .....	1248
CONSTRUCCIÓN CON TIERRA: LINEAMIENTOS PARA UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE, REINTERPRETADA A PARTIR DE NECESIDADES ACTUALES Natalí Bernhardt; Romina Borselli; Marcos Battista .....	1256
SUSTAINABLE CONSTRUCTION: A DISCUSSION ON THE CURRENT SCENARIO AND THE CHALLENGES OF LIFE CYCLE ASSESSMENT Camila Cassola Assunção; Daniel Oliveira de Azevedo Sampaio; Thássia Dias Zanardo Rufato; Danilo Bordan Istuque; Mauro Mitsuuuchi Tashima; Jorge Luis Akasaki; José Luiz Pinheiro Melges; Felipe de Almeida Spósito .....	1268
EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICOS EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS. Fernando Carlos Raffo; Nicolás Ballester; Gisela Sinigaglia .....	1279

A SUSTENTABILIDADE NA NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575: ÊNFASE NA DURABILIDADE	
Matheus Pereira Mendes; Marina Barbosa Nogueira Lucena; Maria Teresa Gomes Barbosa .....	1288
FLEXIBLE AND ADAPTIVE BUILDINGS SINCE EARLY DESIGN STAGE	
Joana Andrade; Maria de Fátima Castro; Luís Bragança .....	1298
NOVOS MÉTODOS PARA INTRODUÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO	
Joana Andrade; Catarina Araújo; Maria de Fátima Castro; Luís Bragança .....	1308
O POTENCIAL DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DA HABITAÇÃO POPULAR: O CASO DO EDIFÍCIO HAB 2 NO RIO DE JANEIRO, BRASIL	
Henriette da Silva Perbeils; Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos .....	1318
REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO: ESTUDO PARAMÉTRICO ATRAVÉS DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA DE ESPAÇO	
Luiz Gustavo Zuliani da Silva; Andrea Parisi Kern .....	1330
QUANTIFICAÇÃO DA EMISSÃO DE CO2 PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA	
Luiz Maurício Furtado Maués; Ana Carolina de Albuquerque Freitas; Adriene Rodrigues Barbosa .....	1340
EMISSÕES DE CO2 NA CASA POPULAR EFICIENTE E O EMPREGO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS	
Cássia Laire Kozloski; Marcos Alberto Oss Vaghetti; Bibiana Noschang da Silva .....	1350
EVALUATION OF SUSTAINABILITY IN CONSTRUCTION SITE IN THE BRAZILIAN AMAZON.	
Allan Veiga Brito Tourinho; Herberta da Rocha Carvalho; Luiz Maurício Furtado Maués; Wylliam Santana .....	1361
TEMPERATURA E ESCOAMENTO EM TELHADOS VERDES INTENSIVOS UMA REVISÃO	
Thamille Casagrande; Lee Ha Guaen Neto; Rachel Miller; Ana Clara Campos Fonseca; Mariana Grassi Noya; Sérgio Fernando Tavares .....	1373
ILUMINAÇÃO NATURAL COMO FATOR DE QUALIDADE: ESTUDOS DE CASO CHILENOS	
Camila Feliciano .....	1385
REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE VIVIENDAS INFORMALES DESDE LA CALIDAD DE VIDA	
Veronica Lopera Aguirre; Alexander Gonzalez Castaño .....	1395
URBANISMO SUSTENTÁVEL COMO ESTRATÉGIA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ZONAS PERIURBANAS	
João Claudio Petri Junior; Igor Corona Pedrone; Abrahão Elesbon .....	1403
PROPOSTA DE CRITÉRIOS E INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE URBANA PARA PAÍSES LATINO-AMERICANOS	
Karla Moreira Conde; Cristina Engel de Alvarez; Luis Bragança .....	1412

# 1

## **Materiales, técnicas y sistemas constructivos.**



# ESTUDO DA PRESSÃO DO SOLO NO SISTEMA DE FORMAS DURANTE A EXECUÇÃO DE TAIPA DE PILÃO

*Isabela Maria Carvalho Iunes (isabelamariaiunes@gmail.com); Ana Paula da Silva Milani (ana.milani@ufms.br)*

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (UFMS-FAENG) - Brazil

**Palavras chave:** terra compactada, sistema construtivo, durabilidade.

*Taipa de pilão é um processo construtivo feito a partir de solo umedecido compactado, sendo necessárias formas que dêem geometria na construção. Com o passar do tempo, foi se aprimorando a técnica, deixando-a mais eficiente, prática e com maior durabilidade, e a partir dessas inovações, vários modelos de formas foram criados e atualizados. Dos modelos, destacam-se as formas removíveis de pequeno porte, sendo os materiais mais comuns os metálicos (aço, alumínio) e a madeira. Porém, mesmo buscando inovações e melhorias para o sistema, estas normalmente são feitas baseadas na prática, deixando o processo empírico e com pouco embasamento laboratorial. O objetivo do trabalho é fazer um estudo teórico sobre o esforço que a forma sofre durante o processo de compactação do solo, e a partir do resultado, propor um modelo de forma que seja resistente e viável. Foi utilizada a teoria de silos para calcular a pressão do solo exercida na forma, e posteriormente, dimensionado uma relação para a forma de madeira segundo a norma brasileira NBR 15696 - 2009. Foi proposta o sistema fôrma em que a espessura do painel (chapa) correlacionasse com a distância entre os apoios transversais, se assemelhando com alguns sistemas já existentes. Dessa maneira, obtive-se espaçamentos máximos adequados para cada espessura proposta, sendo delimitado pela tensão que a madeira resiste. Os dados obtidos mostram que a técnica baseada no empirismo tem eficiência, como também, os parâmetros encontrados possibilitam deformações menores ou mínimas que podem ser associadas com novas variáveis para a formação de modelo de fôrma padronizado.*

## 1. INTRODUÇÃO

A taipa de pilão é uma técnica construtiva a partir da compactação de terra umedecida, em camadas verticais sucessivas, dentro de fôrmas, com o auxílio de compactador manual ou mecânico. Esta técnica está entre as mais antigas, porém, com o avanço tecnológico da construção civil, a construção de concreto armado e alvenaria foram consideradas mais modernas do que construções com terra e, por isso, a taipa de pilão foi sendo preterida pela falsa associação que os sistemas construtivos mais modernos são mais confiáveis do que os tradicionais rurais (CIB e UNEP – IETC, 2002). No Brasil, ao comparar com a construção convencional, pode-se observar que a taipa de pilão é muito menos recorrente como solução construtiva, havendo possivelmente uma desvalorização por conta do preconceito (associar construção com terra a pobreza) e pela falta de normativas que comprovem o bom desempenho da técnica construtiva. Paralelamente, em busca de preservação do planeta e do ser humano, o mundo tem voltado sua atenção a construções alternativas, visando técnicas mais sustentáveis que a convencional.

Segundo a Agenda 21 para construções Sustentáveis (CIB e UNEP – IETC, 2002), os impactos principais causados pela indústria de construção são o consumo de energia

elevado e emissões de gases que causam o efeito estufa. O cimento utilizado na construção convencional, por exemplo, é considerado um material prejudicial pela sua emissão de carbono no processo de produção, seu alto consumo de energia, e no fim do seu ciclo de vida, o resíduo gerado pela demolição ainda não tem um destino que de fato, resulte em um ciclo completo. Portanto, sistemas construtivos que demandam menos uso de cimento podem ter um desempenho ambiental melhor. Por essa razão, a taipa de pilão tem sido considerada uma alternativa mais sustentável que os convencionais por seu impacto serem menores nesses quesitos. No caso, a execução da parede de taipa de pilão não emite gás carbônico (CO<sub>2</sub>) (ou há pouca emissão no caso de solos estabilizados) e a energia incorporada pode ser mais baixa por haver pouco transporte de materiais, já que o solo pode ser retirado no local da obra (CIANCIO, JAQUIN, WALKER, 2013).

Veraldo (2015) mostrou também que a taipa de pilão pode ser considerada sustentável nos aspectos sociais e econômicos, com a geração de emprego digno e saudável e remuneração justa deste trabalho, dando oportunidade e poder de consumo para os trabalhadores, e deixando também a técnica construtiva competitiva no mercado. Além disso, a taipa de pilão é simples e fácil de executar, quando as pessoas estão apropriadas da tecnologia, dando oportunidade de trabalho para as comunidades locais da obra e eliminando os custos de alojamento e transporte dos trabalhadores (CIANCIO, JAQUIN, WALKER, 2013). Ainda, o solo é considerado um material abundante, não-tóxico e reversível, portanto, suas construções não liberam os COVs (componentes orgânicos voláteis), e assim gera maior qualidade do ar interno (TORRALBA, JALALI, 2011).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, contemplando 17 OBJETIVOSs de desenvolvimento sustentável (ODS) e que deve ser implantada no mundo pelos próximos 15 anos. A ideia é que os projetos propostos para sociedades busquem, pelo menos em partes, esses 17 OBJETIVOSs, seja direta ou indiretamente. A construção com taipa de pilão tem potencial para alcançar até 8 desses OBJETIVOSs, se considerando o processo de execução até com a construção já em uso. Um OBJETIVOS que se deve se dar destaque é o 9o: Indústria, Inovação e infraestrutura, que ao aplicar a tecnologia na produção da taipa de pilão, gera a possibilidade de ter maior infraestrutura, durabilidade e credibilidade ao sistema construtivo. Pensando nos benefícios sustentáveis que a técnica construtiva da taipa de pilão oferece, são necessários estudos que dêem maior confiabilidade ao sistema para que seja possível o ingresso e competitividade do mesmo no mercado da indústria da construção.

Com o avanço tecnológico, os aspectos físico-mecânicos e durabilidade das construções com taipa de pilão foram aprimorados a partir do melhoramento do material a ser compactado como também nos equipamentos e estruturas utilizados no processo de compactação. Dentro do sistema construtivo de paredes de taipa de pilão deve-se dar o destaque ao sistema de fôrmas, as quais geralmente são feitos modelos personalizados para cada construção, de acordo com suas limitações e prioridades. Para se escolher o tipo de fôrma ideal, algumas características do sistema são importantes como resistência, rigidez, durabilidade, praticidade, entre outros (MANIATIDIS, WALKER, 2003).

Um dos primeiros moldes de sistema de fôrmas consiste em dois painéis de madeira, delimitando a espessura da parede, unidos por uma corda, formando um torniquete (NORTON, 1977). De acordo com Recavarren et al. (2013), também pode ser colocado uma moldura externa dos painéis de fôrma, como reforços longitudinais, para melhor rigidez (figura 1).



**Figura 1.** Fôrma de madeira tradicional

(fonte: Christine Fiori)

Maniatidis e Walker (2003) classificaram as fôrmas em dois tipos, em fôrmas de pequeno porte (small-unitsformwork) que são painéis com altura média, sendo suas dimensões menores que as finais da parede. Para que se construa a parede, os painéis da fôrma deslizam horizontalmente ou verticalmente e o modelo tradicional de fôrmas pode ser encaixado nessa classificação. O outro tipo de fôrma são as fôrmas integrais (integral formwork) que são os painéis feitos com as dimensões da parede desejada. Maniatidis e Walker (2003) destacam um dos sistemas de fôrmas utilizados na Austrália, que consiste em adicionar os painéis na estrutura de apoio (travas e escoramentos) conforme o solo vai sendo compactado (figura 2).

Outro modelo de fôrma a ser destacado é uma das fôrmas utilizada no Sri Lanka. Este sistema é formada por painéis metálicos deslizantes verticalmente, com travamentos laterais (figura 3). Além disso, a elevação dos painéis é feito por meio de guias que utilizam paredes já formadas de auxílio (JAYASINGHE, KAMALADASA, 2006).



**Figura 2.** Fôrma encontrada na Austrália

(fonte: Bill Swaney)



**Figura 3.** Fôrma metálica deslizante

(fonte: Jayasinghe e Kamaladasa)

De acordo com Neves et al. (2011), as fôrmas representam um custo significativo na obra, e também é o procedimento que exige mais trabalho e tempo na execução da parede de taipa de pilão, por isso é importante que haja um estudo dos materiais que serão utilizados, e um projeto de dimensionamento da mesma. Apesar de terem sido criadas varias adaptações para melhorar e agilizar o processo de compactação de uma parede de taipa de pilão, todas as soluções para melhoria do sistema foram obtidas a partir de experiências práticas e empíricas.

Proske et al. (2014) revisaram normativos de vários países sobre fôrmas e escoramentos para concreto armado e constataram que muitas normas estão desatualizadas e limitadas,

pois se preocupam apenas com a vibração no concreto durante o processo construtivo de adensamento. Essa limitação prejudica o desempenho de outros tipos de concreto, como por exemplo, o concreto autoadensável, sendo necessário verificar também as cargas do vento, dos equipamentos, cargas de construção e a pressão do concreto sobre a fôrma (PROSKE et al., 2014). Portanto, poucos estudos laboratoriais ou teóricos se preocupam com a influência das tensões de compactação do solo no desempenho mecânico do sistema de fôrmas e escoramentos, prejudicando a replicação do sistema construtivo e seu emprego em maior escala. O entendimento do comportamento físico-mecânico do sistema de fôrmas a partir das pressões exercidas no processo de compactação do solo dentro deste molde poderá levar à concepção de projetos de fôrmas eficientes para o sistema construtivo taipa de pilão.

Para que esse sistema tenha um embasamento científico, a partir de uma modelagem adaptada da teoria de silos foi estudado um sistema de fôrmas composto por painéis e travamentos laterais (figura 4) para que resista à pressão do solo durante o processo de compactação manual da taipa de pilão. Assim, ao projetar sistema de fôrmas respaldado em cálculos e parâmetros estruturais resultam na potencialidade da taipa de pilão ser reproduzida em larga escala e com maior qualidade, e por consequência um produto final durável e mais sustentável.

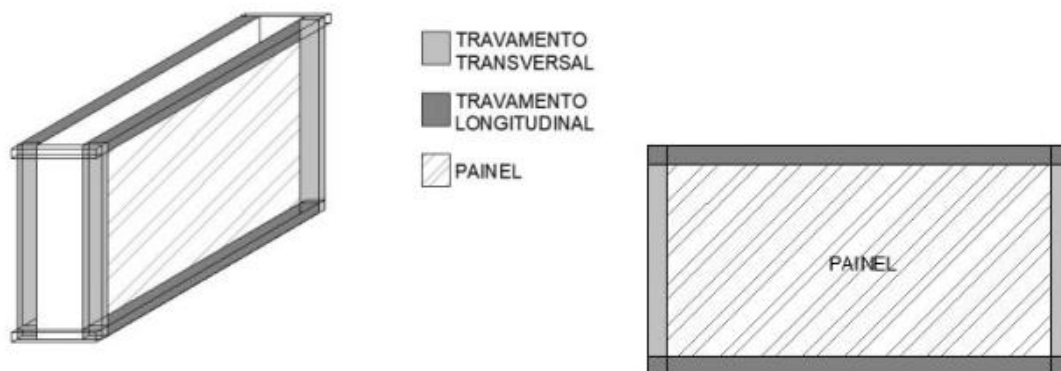
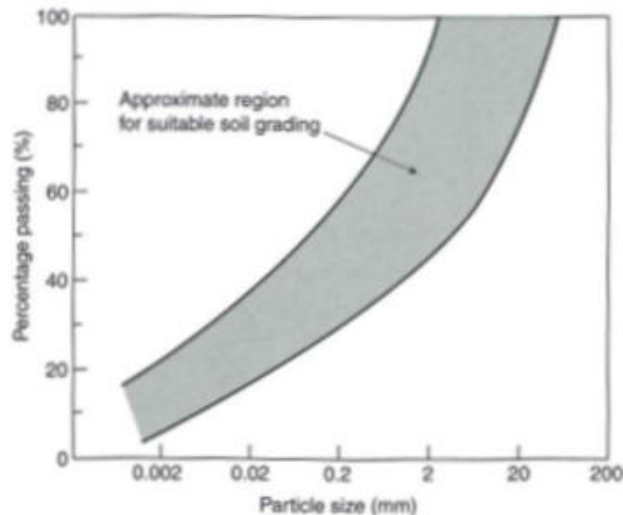


Figura 4. Esquema do sistema de fôrmas (fonte: autor)

## 2. METODOLOGIA

O estudo de pressões que o solo exerce no sistema de fôrma durante o processo de compactação para execução de taipa de pilão foi estimado a partir da teoria de pressões em silos. Para o cálculo de pressões em silo é preciso primeiramente determinar algumas características do material que será armazenado.

Segundo Walker et al. (2005), a caracterização do solo para a construção de uma parede de taipa de pilão é fundamental no processo, por isso há alguns critérios para escolha do solo. Devem ser solos bem graduados e com maior quantidade de pedregulhos e areias, com argilas também presentes, em proporções menores no solo, agindo na agregação do solo com a água. Desta maneira, os parâmetros do solo adotados para a presente pesquisa seguiram a distribuição granulométrica e os limites de Atterberg (NBR 7180 – ABNT, 2016) apontados na revisão bibliográfica como ideais para moldagem de taipa de pilão (figura 5). A granulometria indicada para areias e pedregulhos são entre 45% a 80% do solo; a porcentagem de silte encontra-se entre 10% a 30% e as argilas com 5% a 20% (WALKER et al., 2005). Por fim, os limites de Atterberg, Walker et al. (2005) indicam que o índice de plasticidade do solo deve ser entre 2 e 30, com limite de liquidez menor que 45.



**Figura 5.** Faixa granulométrica ideal para paredes de taipa de pilão (fonte: Walker et al.)

Com o solo caracterizado, foi utilizada a tabela de classificação do solo – SUCS (VARGAS, 1997), concluindo-se que é areia argilosa. Posteriormente, extraiu-se os valores de coesão ( $c$ ) e ângulo de atrito ( $\Phi$ ) a partir dos parâmetros hiperbólicos conservativos de solo (MARQUES et al., 2006). A massa específica aparente seca adotada foi de  $1700\text{kg/m}^3$  (WALKER et al., 2005).

Para determinar a pressão do solo, aplicou-se o modelo de JANSSEN (1895), mais utilizado para silos esbeltos, que admite algumas hipóteses. Janssen admite que a pressão horizontal, o ângulo de atrito com a parede e a relação entre pressão horizontal e vertical, são constantes. Além disso, admite que as paredes do silo sejam rígidas e o peso específico do material é uniforme ( $\gamma = p \cdot g$ ). Para o cálculo das fôrmas, adotaram-se as mesmas hipóteses. Utilizando o equilíbrio estático proposto por Janssen, tem-se:

$$\sigma_z \cdot A + \gamma \cdot A \cdot dz = \left( \sigma_z + \frac{d\sigma_z}{dz} dz \right) \cdot A + \sigma_z \cdot U \cdot \mu_{w,c} \cdot dz \quad (1)$$

Substituindo as hipóteses de Janssen, adotou-se uma nova hipótese para o caso de paredes de taipa de pilão. Quando a profundidade ( $z$ ) for igual a zero, a pressão inicial é diferente de zero ( $P_H \neq 0$ ). Isto porque, no caso do processo de construção da taipa, o solo é compactado com a utilização de um compactador manual ou mecânico (soquete ou pilão). Para a presente pesquisa adotou-se para a compactação do solo a energia do Proctor normal, e conseqüentemente, gera pressões na camada inicial do solo ( $z=0$ ). A fórmula resultante foi (CALIL, CHEUNG, 2007):

$$\sigma_y(z) = P_H(z) = \frac{\gamma \cdot R}{K \cdot \mu_{w,c}} + \left( \sigma_{y0} - \frac{\gamma \cdot R}{\mu_{w,c}} \right) \cdot e^{-\frac{K \cdot \mu_{w,c} \cdot z}{R}} \quad (2)$$

Sendo que:

- $\sigma_y(z)$ : Tensão encontrada no solo em uma determinada profundidade (MPa);
- $P_H(z)$ : Pressão encontrada no solo em uma determinada profundidade (MPa);
- $R$ : Raio hidráulico inscrito entre as fôrmas de taipa de pilão;
- $K$ : Coeficiente do solo;
- $\mu_{w,c}$ : Coeficiente de atrito do solo com o material do painel;
- $\sigma_{y0}$ : Tensão encontrada no solo na profundidade zero (MPa);
- $z$ : Profundidade do solo (m).



Pinto (2006) propõe que a energia produzida pela compactação ( $E_c$ ) é obtida com os valores do peso do soquete ( $m$ ), altura de queda ( $h$ ), número de golpes ( $Ng$ ), número de camadas ( $Nc$ ), volume do cilindro ( $V$ ), pela seguinte relação:

$$E_c = m * h * Nc * \frac{Ng}{V} \quad (3)$$

Encontrando, desta maneira, uma energia volumétrica. Para o cálculo de pressão das fôrmas, será preciso encontrar a energia do ponto inicial, adaptando a equação para:

$$E_c = m * h * Ng \quad (4)$$

Considerando que a energia utilizada na compactação do solo para a execução da parede de taipa de pilão se equivale com a energia do ensaio de compactação do solo de Proctor normal, foi adotado o mesmo valor do ensaio.

Sabe-se que o solo, ao ser compactado, sofre diminuição do seu volume, portanto criou-se uma nova hipótese, que essa energia de compactação se converte em deformação. Assim, pode-se determinar a tensão resultante ( $F$ ) dessa energia, a partir da deformação do solo pelo processo de compactação. No caso do processo construtivo da taipa de pilão, coloca-se uma camada de solo solto (na umidade ótima de compactação) com no máximo 25 cm de altura, e após a compactação dentro do sistema de fôrmas, a altura final da camada de solo compactado é de aproximadamente 10 cm menor que a do solo solto (MAIA, 2016). A partir desse processo, a deformação ( $x$ ) considerada para o caso da taipa de pilão foi de 10 cm. Assim, tem-se que:

$$F = \frac{E_c}{x} \quad (5)$$

Com a tensão encontrada, aplicou-se a mesma para o cálculo da pressão ( $P$ ) que o solo recebe ao ser compactado. Como a resultante da compactação da camada de solo da taipa de pilão é análoga ao do ensaio de compactação de solo (NBR 7182 – ABNT,1986), foi adotado para cálculo de pressão inicial a área ( $A$ ) do painel que se despeja o solo solto. A espessura mínima da parede é de 12 cm e o comprimento utilizado foi de 100 cm, equivalente ao comprimento de um painel. Então, a pressão foi calculada a seguir:

$$P = \frac{F}{A} \quad (6)$$

Essa pressão encontrada será considerada a pressão inicial do solo, isto é, quando a profundidade for igual a zero. Para o cálculo da pressão que o sistema de fôrma recebe foi adotado uma profundidade de até 50 cm de solo a ser compactado. Isto porque na prática de construção com taipa de pilão cada camada de compactação é usual no máximo 25 cm de altura de solo solto, e então é proposto que a altura mínima da fôrma seja de até 2 camadas de compactação para que ocorra o mesmo tipo de procedimento de compactação disposto na normativa de NBR 7182 (ABNT,1986). Uma altura maior que 50 cm se torna uma solução construtiva em busca de eficiência de montagem/uso/desmontagem do sistema de fôrma, visto que a camada de solo já compactada não transfere mais a mesma pressão que a camada de solo solto, sofrendo compactação. Esta consideração foi aplicada a partir da hipótese que o solo transfere a pressão recebida quando ainda está sendo compactado (solo no estado solto), e posteriormente, quando sua camada terminou a compactação e inicia-se a compactação da camada superior, o solo compactado apresenta maior capacidade de absorção de energia sem a transferência significativa de pressões para



o sistema de fôrmas. Esta hipótese partiu do comportamento mecânico do solo, onde a redução do índice de vazios do solo compactado, e um alto grau de compactação devido à umidade ótima, o torna resistente a uma maior tensão, possibilitando assim que seja retirada a fôrma mesmo ainda sendo construídas as camadas compactadas subsequentes da formação da parede de taipa de pilão (MAIA, 2016).

O cálculo da pressão que o solo exerce no sistema de fôrma durante o processo de compactação para execução de taipa de pilão foi feito no software Mathcad e, a partir da equação 2, o software mostra o comportamento da pressão do solo ao longo da profundidade no sistema de fôrma ( $z$ ), em um gráfico. A partir do gráfico de pressão foi encontrada uma resultante, sendo essa resultante a tensão que o sistema de fôrmas é submetido pela compactação do solo.

Para o estudo dos painéis do sistema de fôrmas da execução da taipa de pilão foi adotado que o mesmo age como uma placa de altura 50 cm (altura adotada de acordo com a profundidade) e comprimento 100 cm, verificando, assim, as dimensões dos travamentos longitudinais e transversais. Foi verificado também se a placa (o painel) suporta os esforços sofridos pela compactação do solo

Foi utilizada como base para o cálculo dos painéis da fôrma, a norma de fôrmas e escoramentos na construção de concreto (NBR 15696 – ABNT, 2009), dessa maneira, adotaram-se os mesmos coeficientes de segurança para compressão paralela as fibras de madeira industrializada, no caso, chapas de compensado. A partir dessa norma, obtiveram-se as resistências de cada madeira adotada. E por fim, para o cálculo dos momentos sofridos no painel da fôrma, que age como placa, foi utilizada a teoria de carregamentos uniformes e triangulares descarregando sobre a placa apoiada em seus 4 lados, obtendo assim os momentos máximos e deformações de cada lado, para posteriormente dimensionar o travamentos longitudinais e transversais. As dimensões adequadas foram aqueles que ao relacionar com o momento máximo, resultasse uma tensão menor que as resistências das madeiras adotadas para os travamentos (NBR 7190 – ABNT, 1997).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como foi adotado que a energia de compactação era análoga a do ensaio de compactação de Proctor, os dados utilizados para o cálculo da Energia normal de compactação (equação 4), tensão de deformação (equação 5) e da pressão do solo (equação 6) foram:

**Tabela 1.** Dados dos parâmetros de cálculo

Massa do soquete pequeno:	2,5 kg
Altura de queda:	30,5 cm
Número de golpes por camada:	26 golpes
Deformação do solo:	10 cm
Área de aplicação:	15000 cm <sup>2</sup>

Dessa maneira, tem-se que:

- i.  $E_c = 2,5 * (9,86) * 30,5 * 26 \rightarrow E_c = 195 J$
- ii.  $F = \frac{195}{10} \rightarrow F = 1,95 kN$
- iii.  $P = \frac{F}{A} \rightarrow P = 0,013 MPa$

A pressão horizontal, que é a pressão que o painel da fôrma sofre, é calculada por meio dessa pressão encontrada multiplicada pelo coeficiente K. Assim, outros parâmetros que devem ser esclarecidos são o raio hidráulico (R) da fôrma, a constante de permeabilidade (K) e o coeficiente de atrito com do solo com o material ( $\mu_{w,c}$ ). Para o raio hidráulico, foi adotado uma fôrma de comprimento 1,0 m e espessura da parede de 12 cm. Utilizando a equação de hidráulica (PORTO, 2006):

$$R = \frac{Area}{perímetro} \quad (7)$$

O Raio obtido é de 5,36 cm. Para obter o constante K, será necessário o ângulo de atrito interno ( $\Phi_i$ ) característico do solo. A constante é obtida a partir de (JAKY, 1948):

$$K = 1 - \text{sen}\Phi_i \quad (8)$$

A constante encontrada é de aproximadamente 0,5. E por fim, deve-se obter o coeficiente de atrito do solo com a fôrma ( $\mu_{w,d}$ ). Este está relacionado com o ângulo de atrito do solo característico da taipa de pilão com o painel ( $\Phi_w$ ). Ferreira et al. (2013) consideraram que areias argilosas teriam um ângulo de atrito do solo com parede de 24°, independente do material da parede. Assim, temos o coeficiente de atrito a partir de (CALIL, CHEUNG, 2007):

$$\mu_{w,c} = \text{tg}(\Phi_w) \quad (9)$$

Com todos os parâmetros obtidos, pode-se calcular qual a tensão que o sistema de fôrma recebe enquanto o solo está sendo compactado, avaliando somente a pressão que o compactador produz (equação 2). Foi observado que a pressão horizontal exercida pelo compactador na camada inicial, de 6,5 kN/m<sup>2</sup>, é muito maior do que a pressão que as camadas de solo exercem no solo mais profundo. Para 50 cm de profundidade, foi obtido que a fôrma sofre uma pressão de 1,7 kN/m<sup>2</sup> (figura 6).

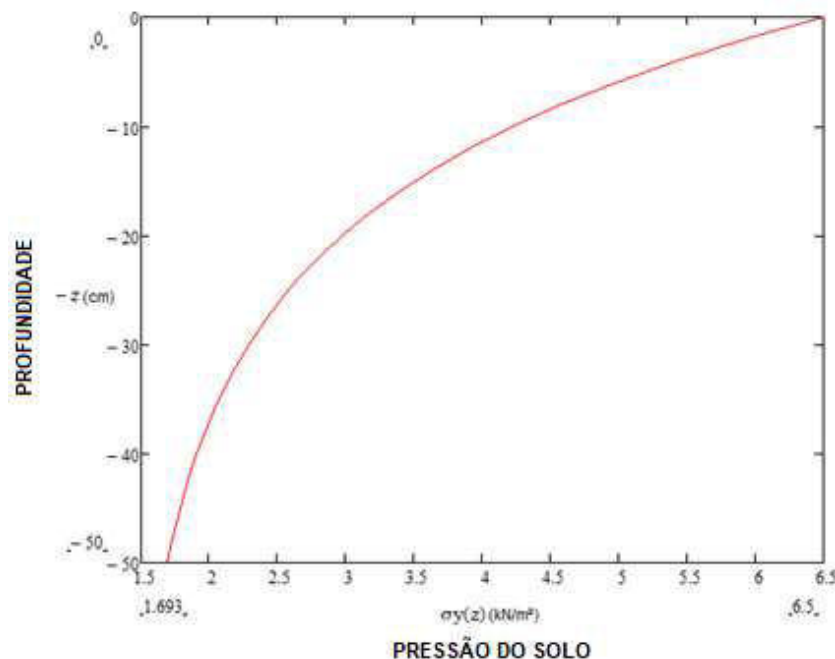


Figura 6. Gráfico de pressão por profundidade (fonte: autor)

Assim, o material da fôrma deve suportar pelo menos até a maior tensão encontrada no gráfico para que a parede de taipa de pilão não fique deformada consideravelmente e perca suas propriedades.

Para o cálculo do painel da fôrma (figura 4), foi escolhida a chapa de compensado de madeira por serem os tipos mais comuns em painéis de sistema de fôrmas. A chapa de compensado é um conjunto de lâminas feitas de madeira, em que se alterna a orientação da fibra, deixando-a mais resistente, para uma menor quantidade material (STAMATO, 2002). Foram utilizados duas resistências encontradas para a chapa de compensado, um compensado da marca madeirite e outro compensado feito de madeira pinus. Para o cálculo da resistência do compensado de madeira (equação 10), foi adotado que o mesmo sofre compressão paralela às fibras durante a compactação do solo. Utilizou-se o coeficiente de estados-limites últimos ( $\gamma_w$ ) de 1,4 e  $K_{mod}$  de 0,72 por ser material industrializado e de curta duração, obtendo a seguinte equação (NBR 15696 – ABNT, 2009):

$$f_{cod} = 0,514 * f_{ik} \quad (10)$$

Para as chapas de compensado escolhidas, foi obtido que o  $f_{cod}$  do compensado da marca madeirite é de 25,71 MPa e o  $f_{cod}$  do compensado de pinus é de 12,34 MPa (STAMATO, 2002). Dessa maneira, a tensão máxima encontrada a partir da resultante agindo na fôrma, deve ser menor que os  $f_{cod}$  encontrados.

De acordo com Hibbeler (2010) a distribuição da tensão se dá pela integral da Curva de tensão x Profundidade da fôrma (figura 6) neste caso, a do solo (equação 2). Além disso, como o gráfico (figura 6) não é linear ou simétrico, deve se verificar se há momento torsor na fôrma, encontrando a posição (equação 11) em que a resultante age. Como a posição da resultante foi apenas 5 cm de diferença do centróide, foi desconsiderado o momento torsor.

$$posição = \frac{\int \sigma_y(z) * z dz}{\int \sigma_y(z) dz} \quad (11)$$

O estudo do painel da fôrma foi feito considerando que o mesmo age como uma placa, isto porque o painel tem uma relação de comprimento por largura igual a 2, tendo assim que considerar as duas dimensões. As pressões encontradas geram uma tensão por metro quadrado na área da placa, sendo necessário verificar os momentos máximos encontrados em cada direção da placa, para analisar se o compensado resiste a tensão provocada pela compactação. A partir desses dados, e adotando que a espessura do compensado seja 2 cm, pode ser feito o cálculo da tensão máxima atuante na fôrma (NBR 7190 – ABNT, 1997).

$$\sigma_{máx} = \frac{M_{máx} * 1,2}{W} \quad (12)$$

Sendo que:

$$W = altura * \frac{t^2}{6} \quad (13)$$

A altura da fôrma é de 50 cm conforme profundidade adotada no presente estudo, resultando em uma tensão máxima de 3,61 kN/m<sup>2</sup>, sendo muito menor que a resistência dos compensados de madeira. Além da verificação da resistência do compensado, também é preciso analisar a deformação que a tensão causa no painel. A deformação do painel também é chamada de flecha (equação 14) e necessita de alguns dados do material, como o módulo de elasticidade (E) do compensado, o valor de  $\alpha$  encontrado na tabela de Bares, a inércia (I) do painel, a carga aplicada no compensado que são os valores de pressão encontrados, e a altura do painel ( $l_x$ ):

$$deformação = \frac{\alpha}{100} * \frac{1}{12} * \frac{P * l_x^4}{E * I} \quad (14)$$

A deformação encontrada foi de 7,8 mm, isto é a maior flecha que o painel terá no decorrer dos 50 cm, e conseqüentemente, a parede de taipa de pilão também. A norma da Nova Zelândia (NZS 4298 -1998) adota que até 10 mm de deformação do prumo da parede de

taipa de pilão é aceitável. Pode-se afirmar que a deformação do painel calculado está dentro do limite da norma citada, porém, para reduzir mais ainda sua deformação, é necessário menores espaçamentos entre os travamentos longitudinais e entre os travamentos transversais.

Utilizando ainda a teoria de placas para o cálculo do painel e dos travamentos (figura 4), verificou-se o carregamento que cada travamento recebia da placa. O carregamento que gerou maior momento, e portanto, o travamento mais crítico foi o travamento longitudinal no topo do painel, o qual recebe a maior pressão. Dimensionando-os como ripas de madeira tipo Pinus de seção 2,5 cm por 5 cm, foi calculado a tensão aplicada no travamento (12) e verificado se o mesmo resiste. A resistência ( $f_{cod}$ ) da Pinus é de 18,25 MPa, portanto resiste a tensão máxima obtida de 17,5 MPa provocada por um momento máximo de 0,15 kNm.

Tabela 2. Resumo dos cálculos estruturais

Componentes	M <sub>máx</sub> (kNm)	Tensão Máxima (MPa)	Resistência do material (MPa)	Deformação (mm)
Painel 2,0x100,0 x50,0 cm <sup>3</sup>	0,126	13x10 <sup>-3</sup>	12,34	7,8
Travamentos 2,5x5,0cm <sup>2</sup>	0,15	17,5	18,25	-

O esquema de fôrma escolhido é semelhante ao descrito como fôrma tradicional (figura 1), mostrando que o sistema funciona e tem eficiência, mesmo obtendo seus conhecimentos por meio da prática e do empirismo. Porém, esse sistema ainda apresenta algumas lacunas como a deformação estar próximo do limite admissível para atingir qualidade no produto final, sendo o ideal que diminuísse o espaço entre os travamentos ou aumentasse a espessura do painel.

## 5. CONCLUSÕES

A técnica de construção de taipa de pilão é eficaz e quanto maior a qualidade e durabilidade, maior o seu potencial de sustentabilidade ao se comparar com a construção convencional. Para um produto ter qualidade é preciso garantir que sua execução seja correta, e portanto, é fundamental haver controle e verificação dos componentes do processo construtivo. Ao verificar por meio de cálculos e parâmetros estruturais o funcionamento dos painéis e os travamentos do sistema de fôrmas conhecido como tradicional para a taipa de pilão observou-se que o mesmo resiste às pressões do solo compactado sem se romper, porém sofre uma deformação considerável que pode influenciar negativamente na durabilidade da construção.

A teoria de silos tem potencial de aplicabilidade na modelagem de sistemas de fôrmas para taipa de pilão, contudo, testar novos tipos e espaçamentos para os travamentos e diferentes espessuras e tipos de materiais para o painel pode resultar em um sistema de fôrmas que deforme menos e que seja viável no processo de montagem, execução e desmontagem, bem como é necessário o estudo experimental para corroborar os parâmetros teóricos encontrados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo – Ensaio de Compactação, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: Projeto de Estruturas de Madeira, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos, 2009.
- Calil Junior, C.; Cheung, A. B. (2007). Silos: pressões, fluxo, recomendações para o projeto e exemplos de cálculo. São Carlos, SP: Editora Escola de Engenharia de São Carlos – USP. 240p.
- Ciancio, D.; Jacquin, P.; Walker, P. (2013). Advances on the assessment of soil suitability for rammed earth. *Construction and Building Materials*. n.42, p.40–47.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE - CIB e UNEP- IETC. (2002). *Agenda 21 for Sustainable Constructions in Developing Countries*. Pretoria, RSA. Editora: CSIR Building and construction Technology. 82p.
- Ferreira, S.R.M. et al. (2013). Avaliação do ângulo de atrito solo-muro e da rugosidade da superfície de contato. *Ciência e Engenharia*. n. 22 (2), p. 11-19.
- Hibbeler, R. C. (2010). *Resistência dos materiais*. São Paulo: Editora Pearson Education, Inc. 7a edição. 637p.
- Jaky, J. (1948). *Pressure in Silos*. Proc., 2nd Int. Conf. on soil Mech. and Found. Engrg., A. A. Balkema, Rotterdam, the Netherlands, Vol. 1, 103-107.
- Janssen, H.A. (1895). *Versucheuber Getriededruck in Silozellen*. Z. Verein DeutcherIngenieure. v.39, p.95-104.
- Jayasinghe, C.; Kamaladasa, N. (2006). *Compressive strength characteristics for cement stabilized rammed earth walls*. *Construction and Building Materials*, N. 21, p. 1971-1976.
- Maia, L.R. (2016). *Contribuição às construções em terra comprimida e compactada e influências no conforto*. São Paulo: dissertação– FAUUSP.137p.
- Marques, H.C.; Ehrlich, M.; Riccio, M.V.F. (2006). *Parâmetros de Resistência e Tensão-Deformação por Análise de Elementos Finitos para Obras de Terra com Solos Tropicais Compactados do Brasil, Relatório Interno, GEOTECNIA/COPPE/UFRJ*.
- Maniatidis, V.; Walker, P.A. (2003). *Review of Rammed Earth Construction for DTi Partners in Innovation Project Developing Rammed Earth for UK Housing*.
- Neves, C. et al. (2011). *Técnicas de Construção com Terra*. Bauru: FEB – UNESP. 79p.
- NEW ZEALAND STANDARD. NZS 4298: *Materials and Workmanship for Earth Buildings*, 1998.
- Norton, J. (1977). *Building with earth. A handbook*. Londres, R.U: Editora Intermediate Technology Publication, 2a ed.
- Pinto, C. S. (2006). *Curso básico de mecânica dos solos*. São Paulo: Editora Oficina de textos. 3a ed., 367p
- Porto, R. M. (2006). *Hidráulica Básica*. São Carlos: Editora EESC-USP. 4a ed., 519p.
- Proske, T. (2014). *Form pressure generated by fresh concrete: a review about practice in formwork design*. *Material and Structures*. n. 47, p. 1099-1113.
- Recavarren, G.C. et al. (2013). *Rammed Earth: Construction Lessons from Experience*. *Practice Periodical on Structural Design and Constructions*. n.18 (3), p. 149-154.

- *Stamato, G. C. (2002). Ligações em estruturas de madeira compostas por chapas de madeira compensada. São Paulo: tese – EESC.159p.*
- *Torgal, F. P.; Jalali, S. (2011). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. Construction and Building Materials. n. 29, p. 512-519.*
- *Vargas, M. (1997). Introdução à Mecânica dos Solos. Editora Mcgraw-Hill. 15a ed., 510p.*
- *Veraldo, A. C. (2015). Análise do processo construtivo de taipa mecanizada: estudo de caso da sede do canteiro experimental da UFMS. Campo Grande: dissertação – UFMS. 121p.*
- *Walker, P. et al. (2005). Rammed earth: design and construction guidelines. Watford, RU: BRE Bookshop.146p.*



# ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO USO DE AGREGADOS PROVENIENTES DO PROCESSAMENTO DE MATERIAIS VÍTREOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Christian Souza Barboza ([christianbarboza@ufgd.edu.br](mailto:christianbarboza@ufgd.edu.br)); Agleison Ramos Omido ([agleisonomido@ufgd.edu.br](mailto:agleisonomido@ufgd.edu.br)); Gabriela Sarti ([gabrielasarti12@gmail.com](mailto:gabrielasarti12@gmail.com))

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia (UFGD-FAEN) - Brazil

**Palavras chave:** agregado reciclado, agregado reciclado de vidro, produção científica.

*A indústria da construção civil é considerada uma grande consumidora de recursos naturais e geradora de resíduos. Para mitigar estes impactos novas soluções técnicas vêm sendo estudadas, dentre elas, a incorporação de resíduos sólidos urbanos em concretos e argamassas de cimento Portland apresentando-se como alternativa para a preservação de agregados naturais, economia de energia intrínseca ao processo e redução da emissão de poluentes ao meio-ambiente. O presente trabalho apresenta uma análise de como as produções acadêmicas que vêm abordando a questão do uso de agregados de vidro reciclado (AVR) na construção civil. A estrutura da pesquisa fundamentou-se em uma revisão sistemática da literatura ligada ao tema. Por meio da ferramenta de análise de publicações, disponível no sistema de indicadores de publicação científica da plataforma do Web of Science, foram identificados dados como: o volume de produção de trabalhos científicos na área, principais centros de pesquisa ligados ao tema, bem como a maneira como se estruturam as abordagens sobre o tema. Dos trabalhos selecionados, percebeu-se que grande parcela dos mesmos fora desenvolvida pela China, país que se destaca no cenário mundial como grande produtora de material científico, especialmente nas áreas de desenvolvimento e inovação para as engenharias. O tema vem ganhando espaço nos últimos anos, sendo que, aproximadamente 14% das pesquisas foram publicadas no ano de 2018 e não se verifica um decréscimo na quantidade de trabalhos sobre o assunto desde o ano de 2006. Dentre as áreas das pesquisas sobre os AVR's destacam-se a engenharia, a ciência dos materiais, a tecnologia da construção civil e a as ciências ambientais. Tal panorama, demonstra o caráter interdisciplinar das abordagens e, ainda, o alinhamento das pesquisas que buscam minimizar os impactos ambientais pelo descarte de materiais vítreos, incorporando-o na construção civil.*

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo de recursos naturais e de energia vêm crescendo proporcionalmente ao crescimento e desenvolvimento da população mundial. A partir disso, nas duas últimas décadas vem acontecendo mudanças significativas na relação da humanidade com o meio ambiente. O impacto ambiental causado pela extração de matérias-primas é cada vez maior e a disponibilidade dos recursos diminui com o passar do tempo, a construção de novas edificações, ampliações e reformas demandam grande volume matérias-primas, tais como, areia, água, rochas britadas, aglomerantes cimentícios, materiais betuminosos, madeira e outros. Tais elementos fazem parte da produção de vários materiais utilizados na construção civil e, dentre eles, se destaca o consumo de agregados para o concreto, elemento este, considerado o mais consumido ao redor do mundo (SANTORO e KRIPKA, 2016).

Além do consumo de matérias primas, o intenso fluxo de materiais necessários para a produção do ambiente construído possui um evidente impacto no meio ambiente. De acordo com John, Oliveira e Lima (2007), até 75% dos recursos extraídos da natureza objetivam a

construção de edificações, com o agravante que a maior parte destes recursos não é renovável. Assim sendo, a construção civil, pode ser considerada um dos seguimentos com maiores consumos de recursos naturais em uma economia (JOHN, 2000).

Em busca de um equilíbrio entre as ações humanas e a resiliência ecológica<sup>1</sup>, a reciclagem de resíduos surge como uma boa alternativa para a redução do impacto causado pelo consumo excessivo de matéria-prima e redução das áreas de disposição dos resíduos (LEITE, 2001).

Quando o resíduo é vítreo, de acordo com a ABIVIDRO (2019), este é infinitamente reciclável. Segundo o mesmo instituto, o material demora aproximadamente 5 mil anos para se decompor, sendo que a sua matriz se mantém inalterada após diversos processos de reciclagem, podendo, assim, ser 100% reaproveitada ao longo de grandes períodos de tempo sem que haja alterações físicas e mecânicas no material final.

A reciclagem do vidro contribui para a preservação dos recursos naturais, reduzindo a extração das areias, principal matéria prima empregada em sua produção e ainda, reduz o volume descartado destes materiais em aterros sanitários, o que, por ser cortante em sua forma granular, gera riscos às pessoas que entram em contato com estes.

A produção de vidro a partir de material reciclado consome menos energia que a sua produção inicial, sem a incorporação do vidro reciclado. Há ainda, uma diminuição das emissões de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa (dióxido de carbono CO<sub>2</sub> e dióxido de enxofre SO<sub>2</sub>), já que, além de menores energias empregadas, os deslocamentos produtivos são menores (CAMARATE, 2016). Apesar disso, no ano de 2014 apenas 49,9% das embalagens de vidro passaram pelo processo de reciclagem (CEMPRE, 2013; ABIVIDRO, 2014).

Outra possibilidade para o reuso deste material, é a sua incorporação em matrizes cimentícias a partir do seu processamento e transformação em agregado artificial (agregado vítreo reciclado – AVR), poupa-se um gasto energético considerável em comparação à extração e britagem de rochas, pois o vidro é um material mais frágil que não necessita do auxílio de explosivos em sua extração (CAMARATE, 2016).

Segundo a definição da NBR 9935/2011, que determina terminologia dos agregados, dá-se o nome de agregado ao material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, que possui dimensões e propriedades adequadas para a produção de concretos e argamassas. No concreto de cimento Portland, o agregado aumenta as resistências mecânica e química do composto; diminui o custo da obra, graças à economia de cimento; além de reduzir as possíveis oscilações de volume que podem ocorrer devido a variações de temperatura (PETRUCCI, 1975).

Neste cenário, em meio acadêmico, o direcionamento das pesquisas acerca do tema é um importante fenômeno que pode influenciar o mercado da construção civil, viabilizando novos materiais construtivos com características mais sustentáveis, sendo estes, menos impactantes ambientalmente, socialmente menos danosos e com menores custos econômicos embutidos.

Na maioria dos casos, as razões que motivam pesquisas utilizando resíduos sólidos como matéria-prima para o desenvolvimento de novos materiais de construção, são o esgotamento das matérias-primas não renováveis, a redução no consumo de energia, a

---

<sup>1</sup> A resiliência ecológica refere-se à habilidade que tem um ecossistema de suportar perturbações mantendo sua estrutura e funções, ou seja, a sua capacidade de absorver distúrbios, a eles de adaptar e tirar benefícios dos mesmos, através da sua adaptação e reorganização (VEIGA, 2010).

menor quantidade de emissão de poluentes na natureza, a redução de custos do material e a melhoria da saúde e segurança da população (JOHN, 2000).

A incorporação de resíduos sólidos como agregados no concreto vem sendo estudada por vários pesquisadores há alguns anos. Como exemplos, cita-se López, Azevedo e Neto (2005), que pesquisaram o uso de vidro reciclado como substituto do agregado fino (areia) no concreto. Matos (2010), pesquisou o uso de resíduos de vidro moído em substituição parcial do cimento.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como OBJETIVOS realizar uma análise de como as publicações acadêmicas vem abordando a questão do uso de agregados reciclados de vidro na construção civil.

## 3. METODOLOGIA

A estrutura metodológica do estudo se deu a partir de uma revisão da literatura acadêmica vinculada ao tema. Os trabalhos técnicos foram obtidos por meio da base de dados *Web of Science*<sup>2</sup>. A pesquisa foi direcionada a partir da definição da área de interesse, seleção de palavras-chave e a definição da estrutura de tratamento de dados.

A análise foi estruturada com base no volume de produções científicas na área, da identificação dos principais centros de pesquisa sobre o tema, principais autores, agentes de fomento, nacionalidades, tipologias de publicação e a evolução temporal.

As palavras-chave utilizadas, foram: vidro como agregado reciclado, agregado de vidro reciclado e pó de vidro em concretos, agregados para concreto a partir do processamento de materiais vítreos (*glass as recycled aggregate, recycled glass aggregate, glass powder on concrete e aggregates for concrete from the processing of vitreous materials*). Foi feito um recorte temporal, entre os anos de 2006 e 2018, sendo as áreas de interesse fixadas em: tecnologia de construção civil, ciência de materiais multidisciplinar, engenharia civil, ciências ambientais, engenharia ambiental, tecnologia de ciência verde sustentável e compósitos de ciência de materiais (*construction building technology, materials science multidisciplinary, engineering civil, environmental sciences, engineering environmental, green sustainable science technology e materials science composites*).

Os dados foram tratados com o auxílio da ferramenta analítica do *Web of Science*, a plataforma disponibiliza uma grande gama de indicadores de publicações científicas, que possibilitam a geração de dados que servem para uma análise quantitativa mais completa, permitindo-se agrupar e classificar registros em um conjunto de resultados, extrair valores de dados de vários campos, identificar dados como: volume de produções científicas na área, principais centros de pesquisa sobre o tema, e a maneira como as abordagens realizadas se estruturam.

A pesquisa, enxergada, ante ao volume de trabalhos analisados pode ser dividida em três etapas, a primeira seleção se dá por meio da base de dados escolhida para se obter as publicações, nesta etapa o volume de trabalhos é grande. A segunda é a seleção de trabalhos dentro de uma janela temporal de interesse. A terceira e última é a seleção de um número reduzido de publicações, que, relacionam-se diretamente com a questão de pesquisa, onde, após a seleção das palavras-chave e áreas de interesse, os trabalhos foram selecionados a partir dos seus títulos e dos seus respectivos resumos, aqueles que não abordavam o tema principal da pesquisa foram descartados (Figura 1).

---

<sup>2</sup> O portal *Web of Science* é uma plataforma de gestão de produções científicas que conta com várias revistas científicas indexadas. Link para acesso: <http://apps-wofknowledge.ez50.periodicos.capes.gov.br/>

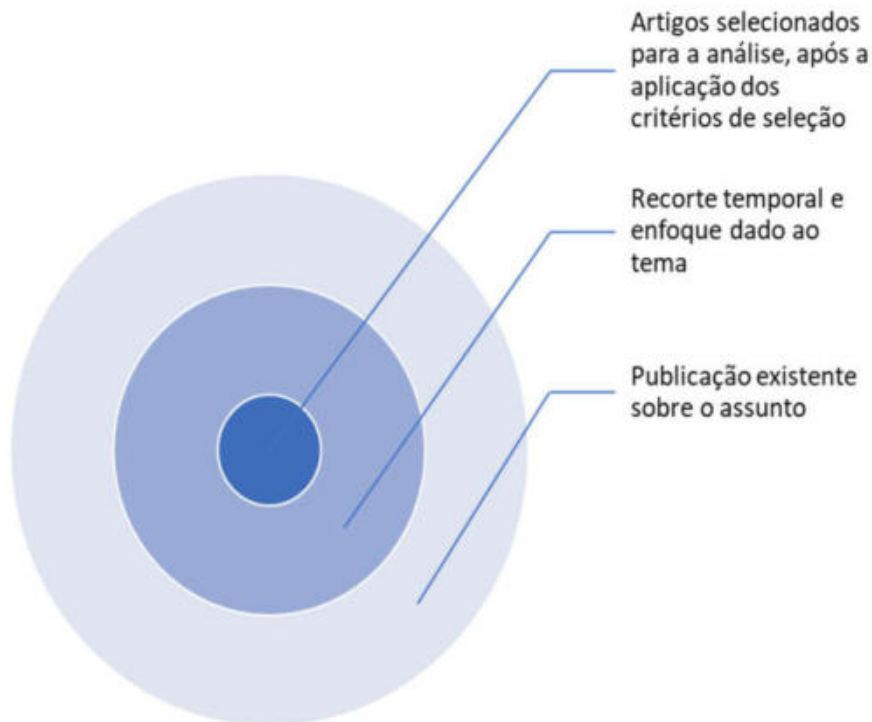


Figura 1. Volume de publicações nas diferentes fases da pesquisa

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Panorama das Abordagens acadêmicas quanto ao tema

Foram selecionados 309 estudos relacionados ao tema, destes, percebeu-se que 22,3% foram realizados pela China, país que se destaca no cenário mundial como grande produtora de trabalhos científicos especialmente nas áreas de desenvolvimento e inovação para as engenharias. Em seguida, EUA e Austrália, países em que o volume de reciclagem e reincorporação de materiais vítreos são elevados (CRENTSIL et al. 2001; MEYER et al., 1999). A Figura 2 ilustra o volume de produções científicas por países sobre o tema abordado.

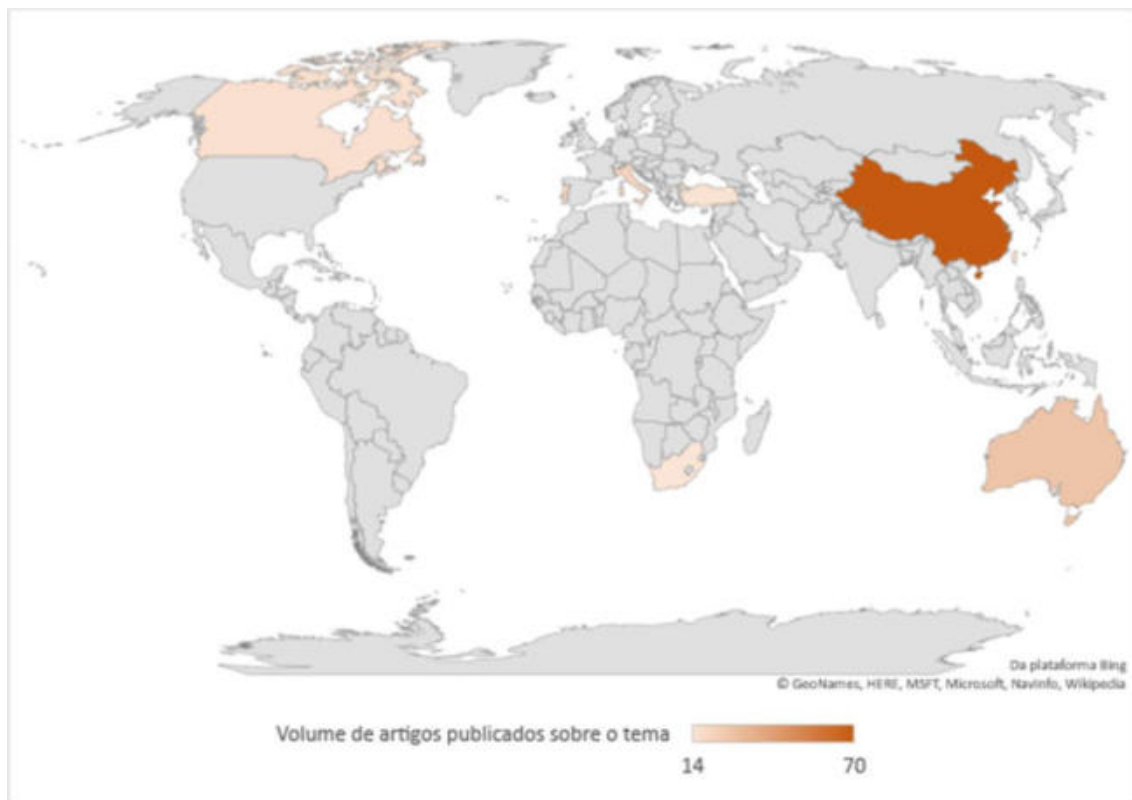


Figura 2. Volume de produções científicas por países sobre os AVR's

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

Ao analisar as publicações acerca do tema ao longo dos anos, pode-se perceber que o tema vem sendo cada vez mais discutido dentre os pesquisadores, já que não se verifica até o ano de 2014 um decréscimo na quantidade de publicações sobre a temática (Figura 3). Em 2015 há um decréscimo de publicação, havendo já em 2016 uma recuperação da curva ascendente, verificada desde o ano anterior.

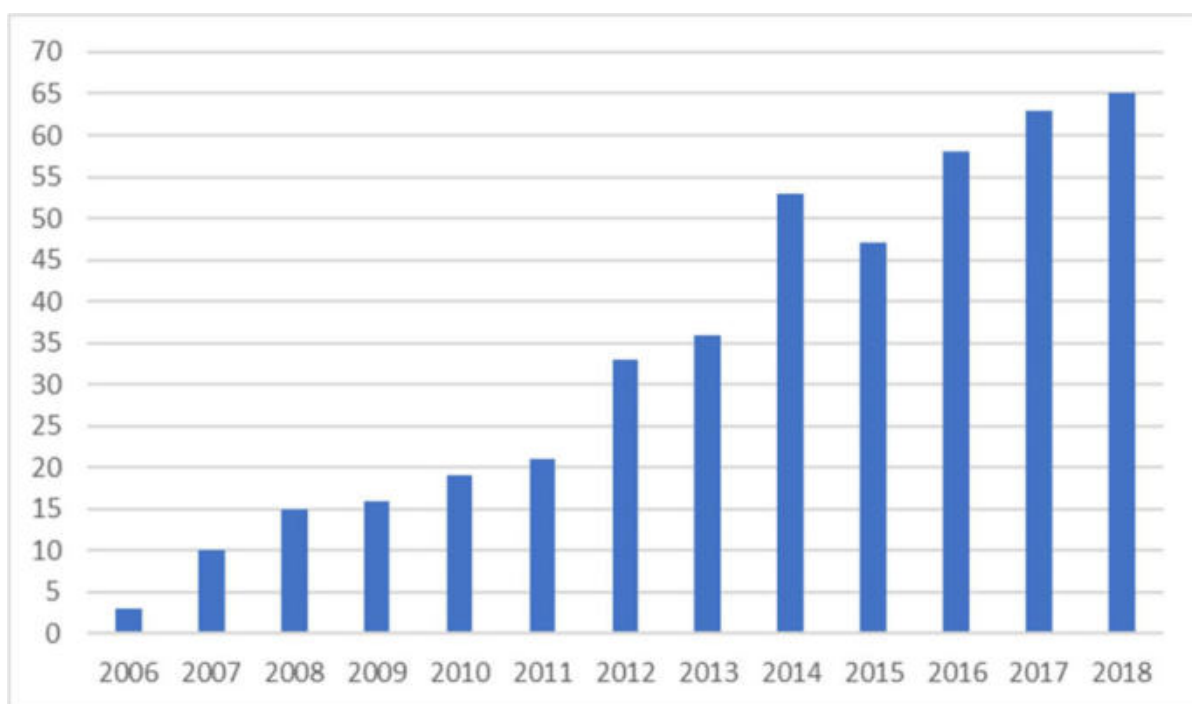


Figura 3. Evolução da quantidade de trabalhos sobre AVR ao longo dos anos

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

Com relação às áreas de pesquisa, verificou-se que os campos mais relacionados à temática, a partir dos trabalhos analisados, são: a engenharia, a ciência dos materiais, a tecnologia da construção civil e a ecologia das ciências ambientais, como observado na Figura 4:

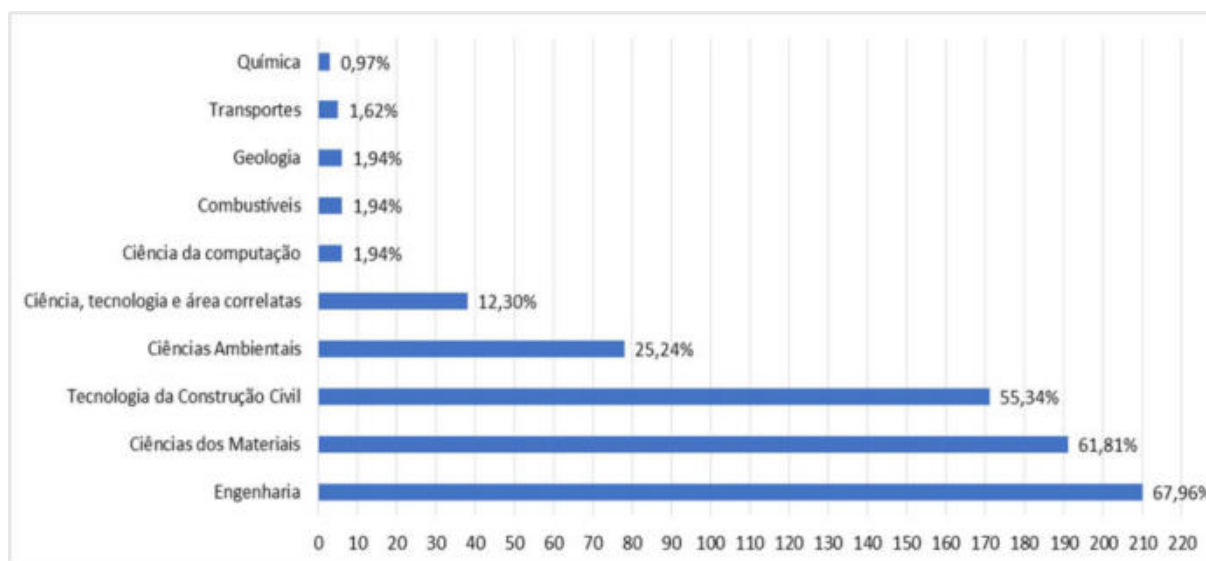


Figura 4. Áreas das pesquisas sobre os AVR's

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

O panorama ilustrado demonstra o caráter interdisciplinar da abordagem, além da preocupação generalizada em minimizar os impactos ambientais gerados pelo descarte de materiais vítreos, incorporando-os na construção civil, não apenas nas áreas relacionadas à preservação do meio ambiente ou à sustentabilidade ambiental.

A maior parte dos trabalhos desenvolvidos nesta área são os artigos que publicitam os resultados de pesquisas práticas que incorporaram materiais vítreos processados em bases cimentícias, verificando os efeitos físicos, químicos e mecânicos nestes materiais. Cerca de 79,6% dos documentos foram publicações de artigos, 16,2% foram publicações de procedimentos e apenas 7,4% foram artigos de revisão bibliográfica sobre o tema. Seja pela recente notabilidade do tema ou pelo pouco volume de publicações acumuladas, o tema ainda é pouco revisto bibliograficamente em meio acadêmico.

Os centros de pesquisa que mais se destacam na investigação da incorporação dos AVR's na construção civil são, respectivamente, a Universidade Politécnica de Hong Kong, a Universidade de Tecnologia SwinBurne e a Universidade de Lisboa. Analisando-se os principais centros pesquisadores com os países que mais publicam trabalhos acadêmicos sobre o tema, temos que, a China e a Austrália possuem os dois maiores centros de pesquisa, em volume, na área (Figura 5).



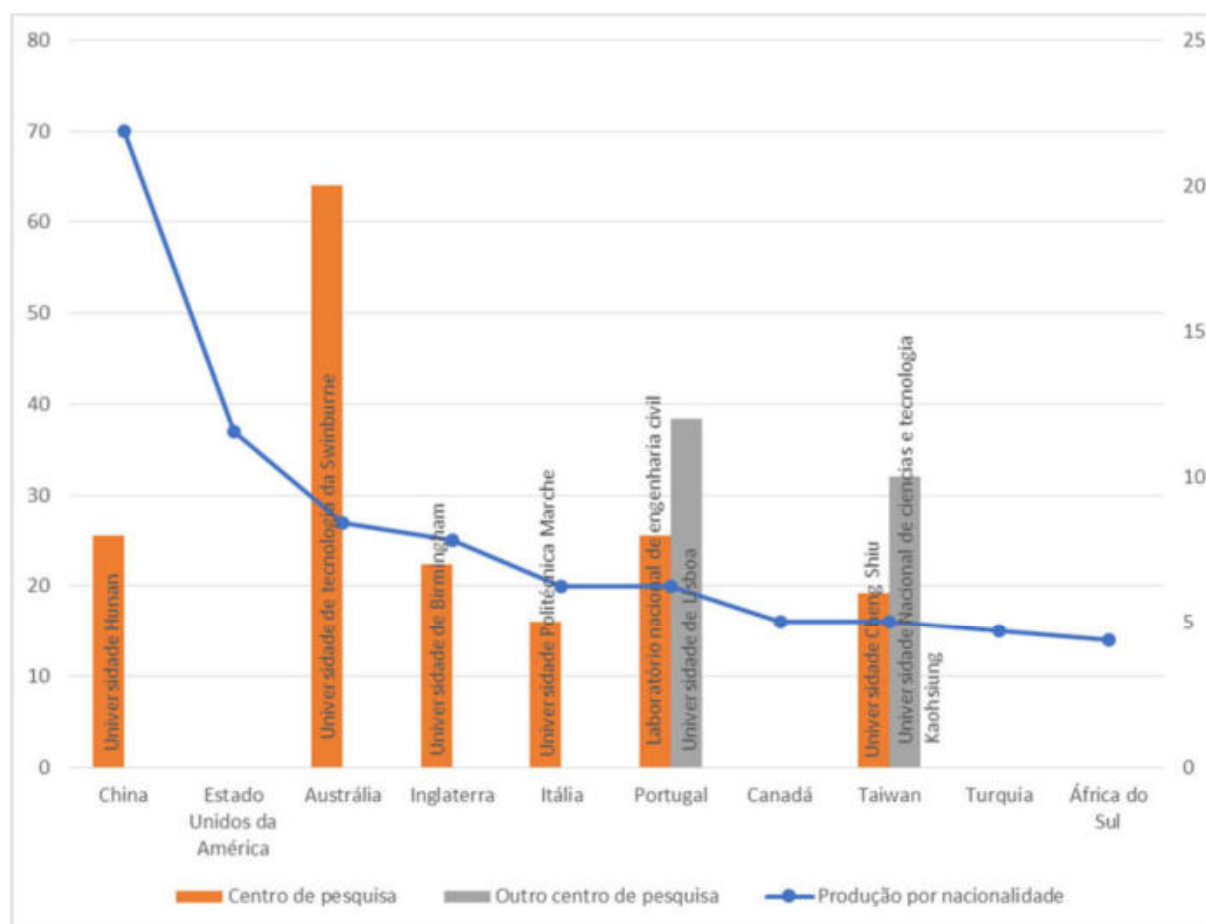


Figura 5. Principais centros de pesquisas sobre os AVR's

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

Pode-se verificar ainda o comportamento das pesquisas ao longo dos diversos países ao redor do mundo (Figura 5). Sendo que, o comportamento verificado em países desenvolvidos e com grandes extensões territoriais e aqueles com quantidades significativas de centros de pesquisa não apresentam uma universidade ou laboratório de pesquisa com uma grande produtividade sobre o tema, porém figuram entre os que mais pesquisam sobre o tema. Estados Unidos e Canadá, por exemplo, estão em segundo e sétimo mais produtivos, porém, os seus institutos de pesquisa não apresentam uma grande quantidade de trabalhos acadêmicos publicados sobre AVR's, isso demonstra a descentralização das pesquisas, ou a sua popularização em diversos centros. Em contrapartida, na Austrália as publicações estão concentradas em um único centro de pesquisa. Portugal e Taiwan, países com dimensões geográficas reduzidas, e por consequência, um menor número de centros de investigação concentram a publicação de artigos acadêmicos em dois polos.

Não por coincidência, verifica-se por meio da Figura 6, que os principais agentes financiadores de pesquisas nesta área são os que mais possuem publicações que exploram as potencialidades do uso dos AVR's. Os chineses da Universidade politécnica de Hong Kong, do fundo do meio ambiente e conservação, e da Fundação nacional de ciências nacionais da China (*Hong Kong polytechnic university, environment and conservation fund e national natural science foundation of China*) representam 15,6% do total investido nesta área nos anos avaliados por esta pesquisa, sendo que, apenas o primeiro agente abarca mais da metade do valor investido na China para este tema.



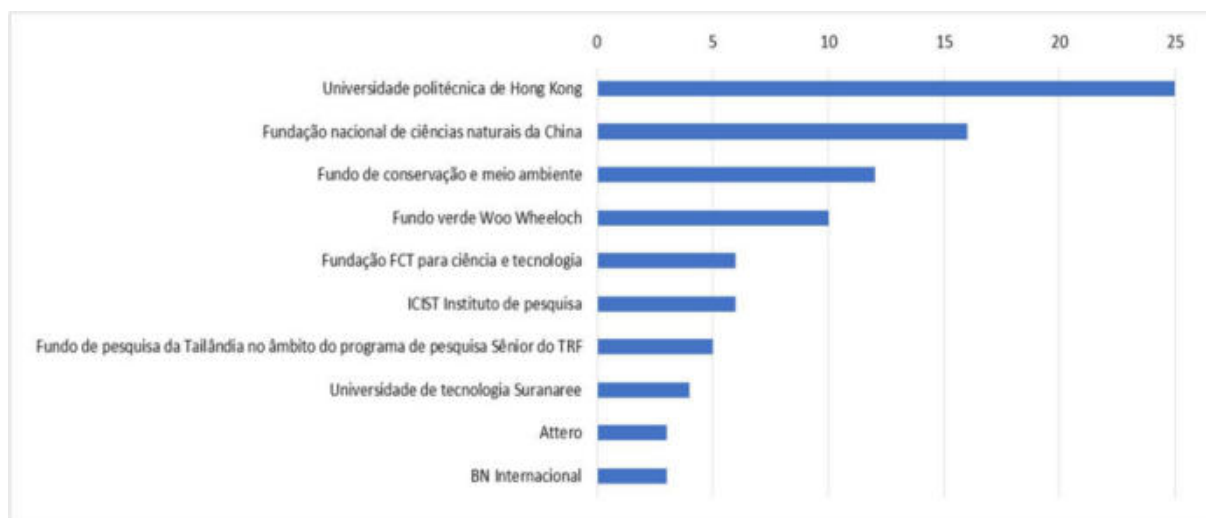


Figura 6. Principais agentes financiadores da investigação sobre os AVR's na construção civil

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

Entre os autores que mais se dedicam a estudar o tema, quase que em sua totalidade, dos dez com mais publicações científicas no período analisado são chineses (Figura 7), o que demonstra, mais uma vez, o interesse deste país nos resultados da pesquisa da reincorporação de materiais em bases cimentícias.

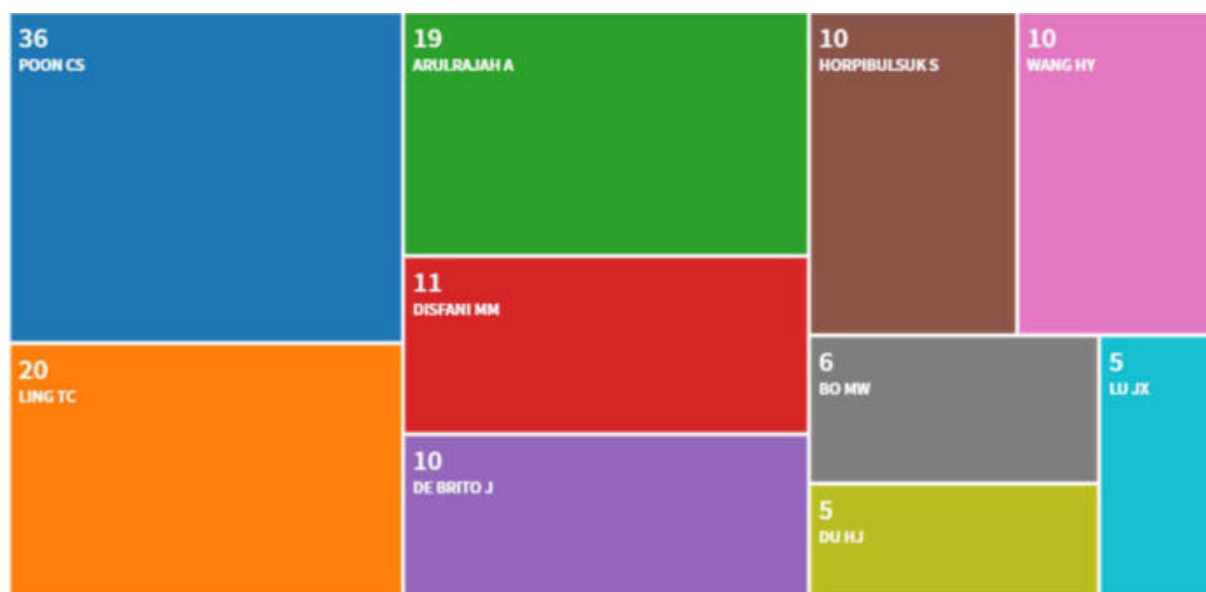


Figura 7. Principais autores de trabalhos sobre os AVR's

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

Um fator importante para a consulta de materiais técnicos para elucidar ou iniciar os estudos para a aplicação de um novo material é analisar um periódico que busca publicar trabalhos sobre o tema, pois, verifica-se uma evolução dos conceitos no âmbito editorial de determinada revista. Sobre isso, verifica-se que a grande maioria dos trabalhos foram veiculados pela construção civil e materiais de construção civil (*construction and building materials*) periódico de grande fator de impacto e alta visibilidade acadêmica (Figura 8).



Figura 8. Principais periódicos que abordam o tema

Fonte: Adaptado da plataforma do Web of Science

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS - CONCLUSÕES

A partir dos dados levantados, pode-se ter um panorama de como está estruturado o cenário das pesquisas sobre o tema investigado. Grande parte das publicações situam-se na China, com destaque para a alta produtividade científica sobre os AVR's da Universidade de Hunan. Este país apresenta índices elevados na expansão de obras de construção civil, alto volume de resíduos sólidos urbanos e escassez de matérias primas (MOTTA, 2005). O que, em tese, é um cenário interessante para a expansão da incorporação de AVR em matrizes cimentícias

Os outros países que mais investem na investigação do tema, EUA e Austrália, já se utilizam deste material em suas edificações, sendo, portanto, natural que as pesquisas se dediquem a investigar tal temática.

Os principais agentes financiadores de pesquisas nesta área são chineses, sendo que os principais centros de pesquisa e pesquisadores com maiores volumes de publicações também pertencem a este país.

Em contrapartida, o principal periódico, responsável pelo maior número de publicações sobre o tema em meio acadêmico no período analisado por esta pesquisa, "construction and building materials" não é chinês. A revista, com fator de impacto 3.485 (até 2017) é integrante do domínio Elsevier, importante gerenciador de periódicos, em inglês, majoritariamente.

Os resultados obtidos por esse levantamento possuem recortes temporais e de conteúdo, representando, portanto, uma fotografia específica de um determinado fenômeno, não representado o estado da arte sobre o tema. Os dados dão indícios e, quando analisados em conjunto, formam um conjunto que permite realizar extrapolações para novas abordagens práticas e teóricas sobre o tema. A análise do panorama científico pode representar como o mercado irá se comportar no futuro, pois, antes de ser uma solução construtiva, está fora desenvolvida e amplamente pesquisada.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDUSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO. *Reciclagem de Vidro*. Disponível em: <<http://www.abividro.org.br/reciclagem-abividro>>. Acesso em 16 nov. 2018.
- \_\_\_\_\_. *Vidro – O resíduo infinitamente reciclável*. Disponível em: <<https://www.abividro.org.br/noticias/vidro-o-residuo-infinitamente-reciclavel>>. Acesso em 17 mar. 2019.
- BATABYAL, A. A. *On some aspects of ecological resilience and the conservation of species*. *Journal of Environmental Management* 52, pp. 373-378. 1998.
- CAMARATE, D. J. B. L. et al. *Incorporação de vidro reciclado em betões: análise da influência do processo de amassadura no agregado reciclado de vidro*. 2016. *Dissertação de Mestrado*.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. *CEMPRE Review*. 2013. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>> Acesso em 16 nov. 2018.
- COELHO A., de Brito, J. *Generation of Construction and Demolition Waste in Portugal*. *Waste Management & Research*, V. 29, N. 7, 2011, pp. 739-750.
- CRENTSIL, K. S., BROWN, T., TAYLOR, A., *Recycled glass as sand replacement in premix concrete*, Ed. *Eco- Recycled Australia and CSIRO*, 2001.
- HOLLING, C. S., SCHINDLER, D., WALKER, B. W. and ROUGHGARDEN, J. *Biodiversity in the functioning of ecosystems: an ecological synthesis*. In *Biodiversity Loss: Economic and Ecological Issues* (C. Perrings, K. Maler, C. Folke, C. S. Holling and B. Jansson, eds), Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995.
- JOHN, V. M. *Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo, 2000. 113 f. Tese (Livre-docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. *Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais. Projeto tecnologias para construção habitacional mais sustentável*. São Paulo: FINEP, 2007.
- LEITE, M. B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFRS. Porto Alegre, p.18. 2001.
- LEMOS, E. *Diagnóstico da cadeia de Reciclagem de Embalagem de Vidro em Santa Catarina*. 2012. Trabalho de CONCLUSÕES de Curso (Graduação).
- LÓPEZ, D. A. R.; AZEVEDO, C. A. P.; NETO, E. B. *Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro moído como agregado fino*. *Cerâmica*, São Paulo, v. 51, n. 320, dez. 2005. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S036669132005000400003&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036669132005000400003&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 19 mar. 2019.
- MATOS, Ana Mafalda. *Estudo de Argamassa com substituição parcial de cimento por resíduos de vidro moído*. 2010. 173 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal*, 2010.
- MOTTA, R. S. *Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego*. 2005. *Dissertação de Mestrado*.
- MEYER, C., Y. Xi, J. *Mater. in Civil Eng. ASCE* 11, 2. 1999.
- Petrucci, E.G. *Materiais de construção*. Porto Alegre: Globo, 435p. 1975.
- SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. *Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 35-49, 2016.
- VEIGA, J. E. DA. *Indicadores De Sustentabilidade*. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 39–52, 2010.

## DESARROLLO DE MATERIALES COMPUESTOS EN BASE A TIERRA INCORPORANDO RESIDUOS DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS.

*Pablo Costamagna (pablocostamagna@gmail.com); Araí S. Rieppi Godoy (arairieppigodoy@outlook.es); Santiago Cabrera (spcabrera@outlook.com)*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Venado Tuerto (UTN-FRVT) - Arg.  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF) - Arg.

**Palabras clave:** Marlo de maíz, tierra, material compuesto, resistencia a la compresión simple.

*El objetivo de la investigación fue encontrar un material que contara en su composición con una importante proporción de tierra, reduciendo la concentración de aglomerantes comerciales. Implementando al compuesto un residuo agrícola regional como lo es el marlo de maíz.*

*La creación de nuevos materiales y morteros de bajo impacto ambiental es un campo muy activo en el área de arquitectura sostenible. A pesar de esto, son muy escasos los reportes bibliográficos relacionados con el desarrollo y uso de compuestos en base a tierra que incorporen a la mezcla residuos de marlo como agregado grueso.*

*En este trabajo se reportan las propiedades mecánicas de un material compuesto (tierra, cemento y residuos de explotaciones agrícolas) apto para múltiples aplicaciones en el campo de la construcción, en particular para la materialización de hormigón de pendiente en azoteas accesibles. En este caso se empleó el marlo de maíz como material liviano dentro del compuesto, variando la dosificación volumétrica de éste y del agua de amasado. Se estudió la trabajabilidad en función del contenido de agregado grueso (marlo) y la humedad. Se moldearon probetas cilíndricas las cuales se ensayaron a compresión simple y se obtuvieron los valores de resistencia a rotura de las mismas. Se realizó también, un análisis de costo teniendo en cuenta la composición de cada mezcla.*

*Para bajas densidades de material se alcanzaron resistencias de 2 kg/cm<sup>2</sup> en promedio, lo que se encuentra dentro del rango de resistencias establecido por la norma CIRSOC 101-2005 para el uso propuesto. El costo del compuesto obtenido fue un 66% más económico que el hormigón utilizado tradicionalmente en la construcción. (Hormigón H4).*

### 1. INTRODUCCIÓN

En la historia y en los diferentes campos de la construcción, el hombre ha satisfecho la necesidad de una vivienda con tierra estabilizada. Este estabilizado se ha logrado principalmente de dos maneras, compactando o con la incorporación de otros materiales para otorgarle mayor resistencia, entre los que se encuentran las fibras vegetales, las cenizas, los productos orgánicos, la mezcla con otro tipo de suelos y también la incorporación de cal y el cemento. [Minke(2013)]

Las Facultades Regionales de Santa Fe y Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional, en Argentina, vienen trabajando en la temática de la tierra como material de construcción desde el año 1999. Dentro de la investigación realizan desarrollos relacionados con el mejoramiento de técnicas tradicionales y con propuestas innovadoras; en la extensión el intercambio de conocimientos con el medio social y productivo y en la docencia formando recursos humanos internamente con estudiantes y externamente con profesionales artesanos e interesados en general. Actualmente hay dos temas que se vienen encarando con más énfasis; el apoyo a la redacción, desarrollo y gestión de normativas técnicas y

jurídicas y un programa universitario de certificación de capacidades en el arte de construir con tierra. [Gonzalez&Costamagna&Venturini, (2016)]

Como antecedente más cercano, la UTN Regional Santa Fe está estudiando el comportamiento de un material compuesto realizado a partir de insumos locales como ser la tierra arcillosa y residuos agrícolas producidos en la región tal como la cascarilla proveniente del desmote del algodón y el rastrojo del cultivo del arroz para la fabricación de bloques de tierra alivianada. Si bien el trabajo está en desarrollo el OBJETIVOS del mismo es obtener un material liviano y con intersticios, los cuales le brinden propiedades termoaislantes y acústicas. También obtener resistencias y densidades para su uso como material autoportante. [Cabrera &Tosti, (2016)]

De nuestro conocimiento no existen trabajos reportados sobre el desarrollo y uso de compuestos en base a tierra que incorporen residuos de la explotación agrícola como el marlo como agregado liviano y menos aún para el uso propuesto en el presente trabajo, por lo que consideramos que se trata de una innovación en la materia.

Desde 2015 el grupo Hormiterra de FRVT implementó el marlo de maíz como agregado grueso liviano en el compuesto tierra-cemento. En la primera etapa del estudio se realizaron y se analizaron diferentes proporciones y tipo de agregado grueso liviano (marlo, cascotes y poliestireno expandido). Esto con el fin de comparar sus propiedades mecánicas y su costo por metro cúbico con otros materiales tradicionales de relleno (tierra-cemento y hormigón pobre). Finalmente, basados en los resultados, se sugirieron algunas posibilidades de aplicación del material compuesto por tierra, cemento y marlo de maíz, como su uso para la construcción de contra-pisos y de rellenos de pendiente en azoteas [Rieppi et al. (2015)].

En este trabajo se reportan valores medidos de las propiedades mecánicas del material compuesto. Teniendo en cuenta el uso recomendado del mismo, se variaron las partes de agua y de agregado grueso para encontrar la dosificación óptima (trabajabilidad, baja densidad y resistencia necesaria). Se moldearon probetas cilíndricas con las diferentes dosificaciones, se determinó la densidad y la humedad de los compuestos estudiados y se realizaron ensayos tanto de trabajabilidad (cono de Abrams [Bascoy (1992)]) como de compresión simple para conocer las cargas de fisura y rotura, adaptando la norma IRAM 1546 para hormigón y la norma española UNE 103-400-93 para el ensayo de compresión simple en probetas de suelo.

Se realizó un control visual del crecimiento del moho superficial durante el periodo de curado y secado de las probetas.

## 2. OBJETIVOS

El OBJETIVOS principal de la investigación fue encontrar un material que tuviera una importante proporción de tierra en su composición junto a una reducida concentración de aglomerantes comerciales; y que además tuviera un bajo impacto sobre el medio ambiente.

Como OBJETIVOS específico, se pensó en la reutilización de algún residuo agrícola de manera de hacer un aporte al medio ambiente y que implicara un costo cero de utilización. Por esto último se buscó un material cuya forma de preparación en obra fuese similar al hormigón convencional, evitando así la necesidad de equipos o mano de obra especializada. En este sentido se adoptó como agregado grueso un residuo agrícola muy abundante a nivel regional como lo es el marlo de maíz.



### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Materia prima.

El suelo utilizado para realizar las muestras provino de una única cantera para limitar la variabilidad en el comportamiento del mismo. Se procedió a realizar una clasificación del suelo empleando para ello el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) [Juárez y Rodríguez (2005)]. Dicha clasificación arrojó como resultado un suelo del tipo limo de baja plasticidad (ML). La humedad inicial del suelo utilizado fue de 7,2 % Esta se obtuvo mediante el pesado y secado del mismo como lo estipula la norma IRAM 10519 (1970). Antes de su utilización en la mezcla se procedió a moler los grumos de suelo formados, de manera de lograr una granulometría uniforme para el correcto mezclado de las partes.

El marlo de maíz natural posee una geometría cilíndrica con un diámetro promedio de 25 mm y una longitud de 95mm. Los residuos de marlo de maíz utilizados en este trabajo poseen una longitud menor, ya que sufren un proceso de tritura por la organización que lo desecha. La Fig. 1 muestra una fotografía de este material junto a una escala para caracterizar la geometría del marlo como residuo agrícola.



**Figura 1.** Marlo de maíz como residuo agrícola.

Se obtuvo la humedad inicial del agregado mediante el método de la norma IRAM 10519 (1970), lo que arrojó una humedad inicial de 15,13%.

Se determinó la granulometría a través del proceso de tamizado, el cual consistió en utilizar una serie de tamices con mallas de diferentes anchos de entramado que fueron ensamblados en una columna. En la parte superior, donde se encontraba el tamiz de mayor entramado, se agregó el marlo de maíz y la columna de tamices fue colocada sobre un vibrador mecánico, el cual además de generar vibraciones realizaba movimientos rotatorios intensos. Luego de terminado el ensayo se pesó el material retenido en cada uno de los tamices. Los resultados obtenidos en este ensayo se detallan en la Tabla 1. El peso total de la muestra que se analizó fue aproximadamente 496.4 gr.

De acuerdo a la experiencia y a estudios realizados anteriormente, como así también la vasta bibliografía sobre el tema, se adoptó como material estabilizante al cemento en una proporción de 10%, para asegurar rigidez y resistencia a la erosión del compuesto final.

**Tabla 1.** Tamaño del agregado grueso.

Tamiz IRAM (pg)	Tamaño (mm)	Pasa (gr)	Retiene (gr)	Pasa (%)
1 "	25	496.40	0.00	100.00
3/4 "	19	363.70	132.70	73.27
5/8 "	16	228.10	135.60	45.95
1/2 "	12.5	71.90	156.20	14.48
7/16 "	11	58.40	13.50	11.76
1 "	25	496.40	0.00	100.00
3/4 "	19	363.70	132.70	73.27
5/8 "	16	228.10	135.60	45.95



### 3.2. Preparado del material compuesto.

En esta etapa se definieron las dosificaciones de los materiales en cada mezcla, se mantuvieron constantes las proporciones de tierra y cemento, variando la del agregado grueso (marlo) y el porcentaje de agua para lograr la “trabajabilidad” en la mezcla resultante (ver Tabla 2). La trabajabilidad de la mezcla se determinó según el ensayo del cono de Abrams (Fig. 2). Para realizar este procedimiento se llenó el molde en tres capas y se apisonó cada capa con 25 golpes de una varilla-pisón. Los que fueron distribuidos más o menos uniformemente. La capa inferior se llenó hasta aproximadamente 1/3 y la capa media hasta aproximadamente 2/3 del volumen total del cono. Posteriormente se retiró el cono y se determinó el asentamiento de la mezcla con la ayuda de una regla graduada midiendo la disminución de altura de la mezcla moldeado respecto del cono.

En base a lo trabajado años anteriores, las proporciones de tierra y cemento fueron constantes, nueve partes y una parte, respectivamente, variando las de agregado grueso y agua. Todas estas proporciones fueron medidas en volumen. [Rieppi et al. (2015)].

El procedimiento de obtención del compuesto se inicia mediante el mezclado del suelo y el cemento hasta lograr un color uniforme para luego agregar las diferentes proporciones de agregado grueso (10 y 15 partes de marlo) y conjuntamente la cantidad de agua necesaria. Una vez obtenida una mezcla homogénea, se determinó el asentamiento.

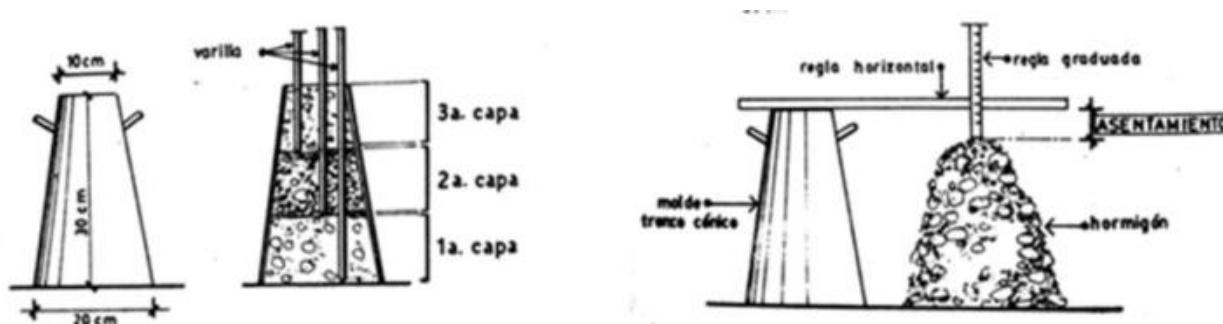


Figura 2. Medición del asentamiento con el cono de Abrams. [Castianera(1994)]

Tabla2. Composición volumétrica de las mezclas estudiadas.

Mezcla n°	Dosificación [partes]				Asentamiento [cm]
	Tierra	Cemento	Agregado	Agua	
1	9	1	15	5	1.0±0.1
2	9	1	15	4	0.5±0.1
3	9	1	10	5.5	11.7±0.1
4	9	1	10	5	9.5±0.1
5	9	1	10	4.5	2±0.1

### 3.3. Ensayo.

Obtenidos los datos de asentamiento de las diferentes mezclas estudiadas, se procedió al llenado de probetas cilíndricas de caño PVC (diámetro~ 100 mm; altura~ 150mm) con el mismo método que en el cono de Abrams. Se obtuvieron diez probetas de cada mezcla realizada. Se dejaron reposar en ambiente de laboratorio para su secado, es decir sin ninguna condición específica de humedad y temperatura (fig. 3). La mezcla sobrante fue llevada a un horno para conocer el porcentaje de humedad contenido, a través de la disminución de su masa.



**Figura 3.** Probeta húmeda, en proceso de secado.

Pasado los 28 días de secado según la norma española UNE 103400-1993, se ensayaron las probetas moldeadas determinando densidad y resistencia a compresión simple (los resultados se muestran en la Tabla 3). Para el ensayo se empleó una prensa mecánica a tornillo accionada por motor eléctrico de  $\frac{3}{4}$  hp con una celda de carga adosada de cinco toneladas de capacidad (Fig. 4).



**Figura 4.** Ensayo a compresión simple.

Tabla 3. Comparación de datos estadísticos.

Mezcla	Densidad	Humedad	Carga de fisura	Carga de rotura	$\sigma_{rot}$ .
n°	[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]	[kgf]	[kgf]	[kg/cm <sup>2</sup> ]
1	821±40	74	58±11	107±37	1.3±0.4
2	1011±43	61	118±18	191±43	2.3±0.6
3	1070±71	59	118±27	189±21	2.3±0.2

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Hongos.

Como observación podemos destacar que en el proceso de moldeado y tiempo de secado de las probetas, surgieron hongos superficiales que se mantuvieron mientras la mezcla estuvo húmeda (Fig. 5). Esto no presentó grandes limitaciones ya que a medida que la probeta se iba secando, los mismos desaparecían.



Figura 5. Probetas afectas con hongos.

## 5. COSTOS

En la tabla 4 se muestran los valores del costo por m<sup>3</sup> de la mezcla con marlo para su comparación con hormigón pobre. Para obtener los valores mostrados se tuvieron en cuenta los pesos que utilizamos de cada material en las mezclas. Los cálculos se realizaron con precios actualizados a junio de 2017.

Tabla 4. Detalle del cálculo de costos aproximados.

Compuesto	Material	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Costo unitario [\$/kg]	Subtotal	Total [\$/m <sup>3</sup> ]
T-C-M	tierra	1100	0.28	307.74	608.92
	cemento	110	2.74	301.18	
	marlo	182	0	0	
Hormigón H4			-	-	1802.00

Obs.: la denominación comercial H4 hace referencia al compuesto formado por la molienda de escombros, arena y cemento de albañilería, utilizados tradicionalmente para la ejecución de contrapisos y cimientos.

## 6. DISCUSIÓN

Analizando los resultados arrojados por las muestras ensayadas realizamos una serie de determinaciones. Principalmente podemos mencionar que la resistencia a compresión simple es apta para el uso propuesto, ya que sus valores en promedio superan los 2 kg/cm<sup>2</sup> de rotura a los 28 días de su elaboración. Particularmente en los compuestos 4 y 5 donde se redujo el porcentaje de agregado grueso y de agua, logrando resistencias mecánicas superiores a los 3 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor cumple con lo requerido como sobrecarga mínima uniformemente distribuida para azoteas accesibles privadamente y para azoteas inaccesibles, reglamentada en CIRSOC 101-2005. Este reglamento expresa en el capítulo 4.1 que la sobrecarga mínima a tener en cuenta para dichos usos es de entre 1 y 3 Kn/m<sup>2</sup>(entre 1 y 3 kg/cm<sup>2</sup>)

En cuanto a la densidad varía al cambiar las proporciones de marlo y agua, dando menor densidad cuando aumentamos ambas. La trabajabilidad disminuye incrementando las partes de marlo y mejora al aumentar el contenido de agua.

Analizando los costos de la mezcla tierra-cemento-marlo y hormigón pobre, el primero resulta aproximadamente un 66% más económico.

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo indican que los materiales compuestos a base de tierra con la incorporación de residuos de explotaciones agrícolas se encuentran dentro del rango de

resistencias establecido por el CIRSOC para el uso propuesto; además fueron un 66% más económico que los materiales utilizados tradicionalmente en la construcción. Por estas dos características, se considera este compuesto apto para la construcción de contra-pisos y de rellenos de pendiente en azoteas accesibles e inaccesibles. Se aclara que solo se tuvieron en cuenta para la evaluación de este compuesto la resistencia mecánica a compresión simple, como así también la densidad obtenida y el costo para su utilización en obra. No se analizaron otras cuestiones como la degradación del marlo y su influencia en la durabilidad del compuesto en obra.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bascoy D.A. (1992). *Tecnología del hormigón fresco*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- Cabrera, S. Tosti, S. (2016) *Tierra y residuos agrícolas. Su utilización como materiales de construcción*. XII Congreso mundial de las arquitecturas con tierra, trabajo n° 132, Lyon
- Castiarena A. N. (1994). *Curso de tecnología del hormigón*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- CIRSOC 101.E1:2005. (2005). *Reglamento Argentino de cargas permanente y sobrecargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras*. Buenos Aires, Argentina: INTI.
- González, A.; Costamagna P.; Venturini, G. (2016). *La Universidad intercambiando con el medio social*. En: *Congrés mundial sur les architectures de terre*, 12, Lyon. Terra Lyon: France. Poster n°335.
- Juarez Badillo E., Rodríguez Rico A. (2005). *Mecánica de suelos*. Tomo I. México: Lumisa.
- MinkeG.(2013). *Manual de construcción con tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. 4ª ed. Bariloche: BRC Ediciones.
- Norma IRAM 10519 (1970). *Mecánica de suelos. Método de laboratorio para la determinación de la humedad*. Buenos Aires, Argentina: IRAM.
- Norma IRAM 1546 (1972). *Ensayos mecánicos de hormigón. Determinación de la resistencia a la compresión de probetas de hormigón endurecido*. Buenos Aires, Argentina: IRAM.
- Norma UNE 103400-93 (1993). *Ensayo de rotura a compresión simple en probetas de suelo*. España: AENOR.
- Rieppi A., Medina F., Bejarano R. (2016). *Desarrollo de materiales compuestos en base a tierra cruda incorporando residuos de explotaciones agrícolas*. *Tecnología y ciencia* vol. 29. (2015), 253-257.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración brindada por el Departamento de Ingeniería Civil y por la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Facultad Regional Venado Tuerto. Agradecemos la colaboración del Laboratorio de Suelos de la Facultad Regional Venado Tuerto, Dr. Leandro Prevosto, Ing. Oscar Braun.

## LADRILLOS SUTENTABLES DE PERLITA CRUDA

Lucas Ramiro Burgos ([lucasburgos@conicet.gov.ar](mailto:lucasburgos@conicet.gov.ar)); Ángel Oshiro ([oshiroangel@gmail.com](mailto:oshiroangel@gmail.com)); María Inés Sastre ([misastre@unsa.edu.ar](mailto:misastre@unsa.edu.ar)); Héctor Cardozo ([cardohj@gmail.com](mailto:cardohj@gmail.com))

Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería (UNSa) - Arg.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC) - Arg.

**Palabras clave:** ladrillo, perlita cruda, residuo, sustentabilidad

*En la localidad de San Antonio de los Cobres al oeste de la provincia de Salta, los habitantes recurren a la utilización de adobes para la construcción de sus viviendas. Estos mampuestos son elaborados por ellos mismos utilizando antiguas técnicas de construcción en donde el principal material es la arcilla. En la actualidad, dicho material en la zona resulta escaso frente a la creciente demanda. Por otro lado, en las proximidades al pueblo existe una planta que extrae perlita generando desechos de partículas menores a los 150 micrones. Con estos se elaboraron mampuestos cuya composición tiene un alto contenido de este residuo. El objetivo de este trabajo es realizar distintos ensayos siguiendo las normas IRAM, de resistencia a la flexión y compresión, absorción, succión capilar y conductividad térmica, para comparar los tradicionales adobes en contra posición de los ladrillos de residuo de perlita cruda. Los valores obtenidos tienen mejores características frente a los adobes, por ejemplo, una resistencia a la compresión de 3 MPa frente a los 1MPa que tienen los adobes.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible de la economía mundial fuertemente industrializada ha llevado a un incremento sensible en la utilización de residuos provenientes de materiales de producción. Este fenómeno se debe en gran parte a la fuerte especialización de los distintos sectores industriales. El desarrollo de políticas para salvaguardar el medio ambiente, ha fomentado la aparición de nuevas zonas de mercado dedicadas al suministro de servicios "ecológicos y de reciclado" como la recolección y el tratamiento de los residuos de los procesos de producción. El problema del tratamiento de estos residuos constituye un tema delicado, tanto que desde hace tiempo el mundo industrial se ha venido sensibilizando en este tipo de temática. Argentina, país en vía de desarrollo no puede ser ajeno a este tipo de problemas. El trabajo trata sobre la utilización de los residuos de perlita natural sin procesar, aprovechando que dicho material no es comercializado y es guardado en canteras donde es llevado por los fuertes vientos tanto a la población existente de San Antonio de los Cobres como a otros lugares. De esta manera se logrará evitar problemas de salud en la población por la inhalación de partículas pasantes por el tamiz 100 las cuales son volátiles e involuntariamente respirables.

Desde la planta extractora de perlitas se extraen el material comerciable más el scrap (el cual es la perlita no comerciable) compuesto por las partículas menores de 150 micrones y polvillo el cual es menor que los 75 micrones. El residuo total de perlita es el resultante del 20 por ciento de la producción total de perlita, como se extraen 4 toneladas/hora de perlitas y se trabaja en 3 turnos de 8 horas, se extrae diariamente 96 toneladas de perlitas produciendo un residuo aproximado de 19 toneladas por día. Dicha cantidades favorecen notablemente la fabricación de ladrillos de perlita ya que cada uno de ellos necesita aproximadamente 3,5 kilos de residuo sobre 5 kilos totales de su peso, componiéndose el restante de cemento, cal hidratada y agua.



El trabajo se basa en verificaciones a través de ensayos normalizados de compresión, flexión, entre otros ensayos. Dicho estudio de investigación permitirá establecer si el material es apto para ser utilizado en la construcción de viviendas y las ventajas económicas y de salud que favorecerán a la población. Se realizaron estudios teórico-experimentales, por lo tanto se trabajó en el Laboratorio de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de Salta, donde se ubicó la CINVA-Ram y se fabricaron ladrillos, los cuales fueron ensayados en el mismo laboratorio y en el laboratorio de CINTEMAC de la Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba. Un aspecto importante con respecto al gran ahorro de energía en la fabricación de este nuevo mampuesto, es la que este tipo de ladrillo se realiza sin exponer al elemento a una gran temperatura evitando la emisión de CO<sub>2</sub>. Si se pudiera obtener un ladrillo proveniente de materiales de desecho y costo de producción bajo no sólo se obtendría un nuevo material, sino que este material sería mecánicamente producido por los propios usuarios.

Para sintetizar podemos decir que para llegar al OBJETIVOS de obtener un ladrillo para mampostería, se debió caracterizar las materias primas utilizadas para su fabricación e implementar un diseño experimental adecuado. El estudio se centra en la comparación con ladrillos de adobe ya que los mismos son característicos de la zona de San Antonio de los Cobres.

## **2. OBJETIVOS**

El OBJETIVOS general es desarrollar ladrillos de perlitas, utilizando alto volumen de adiciones residuales provenientes de las perlitas naturales, que contribuyan a la sustentabilidad del medio ambiente y que puedan ser transferidos para su aplicación, desarrollando con el avance en estos conocimientos, criterios para su dosificación y propuestas de previsión de su vida útil.

## **3. MATERIALES**

### **3.1. Perlita**

La perlita es un vidrio volcánico amorfo que tiene un contenido de agua relativamente alto. Es un mineral que aparece en la naturaleza y tiene la propiedad poco común de expandirse cuando se la calienta lo suficiente. Hoy este mineral tiene un valor importante en el país: si bien en San Juan su consumo es alto, no se produce, pero en Salta están asentada 9 de las 10 compañías que la producen (la otra está en Mendoza), según un informe que publicó recientemente Mining Press [1]. Desde el punto de vista químico se destacan los elevados contenidos de sílice (72%) y alúmina (13%), álcalis (sodio y potasio), con bajos tenores de hierro, calcio y magnesio.

### **3.2. Cemento**

Se utilizó para este proyecto final cemento categorizado de acuerdo a Norma IRAM 50000 [2] como CPC 30, la elección del mismo se basa en que es el cemento más común en el mercado en la zona donde se realizarán los ladrillos de este trabajo. El CPC 30 es Cemento Portland Compuesto (filler calcáreo + escoria granulada de alto horno), con requisitos mecánicos de resistencia a la compresión para 28 días máxima 50 MPa.

### **3.3. Cal hidratada**

La cal hidratada utilizada proviene de la Localidad de La Merced, Provincia de Salta. La cal que se produce en esta cantera es de gran calidad.



#### 4. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

En todos los casos la dosificación del ladrillo de perlita en peso es de 20% cemento, 10% cal hidratada, 70% perlita cruda y relación agua/mezcla de 0,25, considerando la mezcla como la suma no solo de cemento y cal, sino además de perlita cruda.



Figura 1. Ladrillos de Perlita producido con una prensa manual CINVA RAM.

##### 4.1. Resistencia a la compresión

La norma IRAM 12586 [3], establece el método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros.

Se calcula la resistencia a la compresión de la probeta mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

En dónde:

- $\sigma$ : es la resistencia a la compresión de la probeta en MPa.
- F: la carga máxima determinada.
- A: el área bruta aparente de cada probeta en mm<sup>2</sup>.

Luego se determina la resistencia característica a la compresión según la fórmula:

$$\sigma'k = \sigma'km - (1 - 1.14\gamma) \quad (2)$$

En donde:

- $\sigma'k$ : Es la resistencia característica a la compresión de la muestra en MPa.
- 1,14: es el valor del coeficiente de dispersión que corresponde a (n-10) para un nivel de confianza del 90%.
- $\sigma'km$ : Es el promedio de las resistencias.

$$\sigma'km = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_i}{n} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sigma'km} \sqrt{\frac{\sum (\sigma'km - \sigma_i)^2}{n - 1}} \quad (4)$$

En donde:

- n: es el número de probetas ensayadas.

Se ensayaron 13 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de resistencia a la compresión fue de 3,00 MPa. La resistencia de los adobes elaborados en San Antonio de los Cobres que fueron trasladados al laboratorio de la facultad de Ingeniería, no superaba los valores de 1 MPa. Por lo tanto, se recurrió a un trabajo realizado sobre este ensayo de adobes elaborados en la misma localidad (Sastre; Suarez; González, 2013) donde la resistencia promedio fue de 1,33 MPa.

**Tabla 1.** Resistencia a la compresión

Ladrillo	Dimensiones [cm]	Peso [kg]	Resistencia compresión [MPa]	Resistencia Característica a la compresión [MPa]
1	20x29x6,3	5,967	3,70	3,00
2	20x29x6,4	5,991	4,07	
3	20x29x6,1	5,783	3,49	
4	20x29x6,6	6,178	4,65	
5	20x29x6	5,508	3,22	
6	20x29x6,3	5,836	3,76	
7	20x29x6,3	5,896	3,90	
8	20x29x6,5	6,120	4,58	
9	20x29x6,5	5,608	4,58	
10	20x29x6,1	5,462	3,43	
11	20x29x6,3	5,623	3,66	
12	20x29x6,2	5,492	3,73	
13	20x29x5,7	4,892	3,43	

#### 4.2. Resistencia a la flexión

La norma IRAM 12587 [4] da las pautas necesarias para realizar el ensayo a flexión.

Se calcula mediante la expresión siguiente:

$$MR = \frac{1}{10,204} * \frac{3}{2} * \frac{G * L}{b * d^2} \quad (5)$$

En donde:

- MR: módulo de rotura individual a la flexión, en MPa.
- G: la carga de rotura, en kilogramo fuerza.
- L: es la distancia entre ejes de los apoyos, en centímetros
- 10,204: es el coeficiente de homogeneización de unidades, para pasar de kg/cm cuadrado a MPa.

Se ensayaron 13 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de resistencia a la flexión fue de 0,78MPa. Los adobes ensayados presentaron valores casi nulos a la resistencia a la flexión.

**Tabla 2.** Resistencia a la flexión

Ladrillo	Dimensiones [cm]	Peso [kg]	MR [MPa]	Resistencia Característica a la flexión [MPa]
1	20x29x6,3	5,967	0,79	0,78
2	20x29x6,4	5,991	0,87	
3	20x29x6,1	5,783	0,76	
4	20x29x6,6	6,178	1,01	
5	20x29x6	5,508	0,68	
6	20x29x6,3	5,836	0,84	
7	20x29x6,3	5,896	0,80	
8	20x29x6,5	6,120	0,96	
9	20x29x6,5	5,608	1,05	
10	20x29x6,1	5,462	0,72	
11	20x29x6,3	5,623	0,45	
12	20x29x6,2	5,492	0,76	
13	20x29x5,7	4,892	0,44	

### 4.3. Absorción

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de la misma durante cinco horas y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho, y luego de ello se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes. La norma a consultar es la norma IRAM 12588 [5].

Se ensayaron 10 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de absorción fue de 20,136%. El adobe convencional sufrió desintegración del mampuesto durante el ensayo de absorción y solo ratificó la alta vulnerabilidad del adobe a la acción del agua.

**Tabla 3.** Absorción

Ladrillo	Ms [kg]	Me [kg]	Ai [%]	Absorción Característica [%]
1	4,668	5,841	25,129	20,136
2	4,833	6,050	25,180	
3	4,857	6,031	24,171	
4	4,784	5,974	24,875	
5	4,692	5,879	25,293	
6	4,814	5,993	24,491	
7	4,601	5,784	25,712	
8	4,915	6,104	24,191	
9	4,860	6,047	24,424	
10	4,769	5,957	24,911	

#### 4.4. Succión Capilar

La succión es la medida de la avidéz de agua de la unidad de albañilería en la cara de asiento y es la característica fundamental para definir la relación mortero-unidad en la interface de contacto, y por lo tanto, la resistencia a tracción de la albañilería. Está demostrado que con unidades que tiene una succión excesiva al momento del asentado no se logra usando métodos ordinarios de construcción, uniones adecuadas con el mortero. Cuando la succión es muy alta, el mortero, debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua. Se considera que para succiones mayores de 40 gramos por minuto en un área de 200 cm<sup>2</sup>, es requisito indispensable del proceso constructivo que las unidades se humedezcan, siguiendo técnicas adecuadas, para modificar la succión de asentado. La norma a consultar es la norma IRAM 12586, la cual habla sobre la capacidad de succión de ladrillos.

Se ensayaron 10 ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM, el valor de succión capilar fue de 0,814 gr/cm<sup>2</sup>. El adobe convencional sufrió desprendimiento de partículas durante el ensayo de succión. Esto imposibilitó la cuantificación de resultados y muestra la alta vulnerabilidad del adobe a la acción del agua.

**Tabla 4.** Succión Capilar

Ladrillo	Ms [kg]	Ma [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	Succión Capilar [gr/cm <sup>2</sup> ]	Succión Capilar Característica [gr/cm <sup>2</sup> ]
1	4,668	5,258	580	1,017	0,814
2	4,833	5,225	580	0,847	
3	4,857	5,367	580	0,879	
4	4,784	5,414	578	1,090	
5	4,692	5,248	580	0,959	
6	4,814	5,381	582	0,974	
7	4,601	5,115	579	0,888	
8	4,915	5,492	584	0,988	
9	4,860	5,438	582	0,993	
10	4,769	5,280	578	0,884	

#### 4.5. Conductividad Térmica

Los ensayos de conductividad térmica que presentaban los ladrillos con la dosificación elegida se realizaron en el Centro de Investigación y Tecnología de Materiales y Calidad (CINTEMAC), Universidad Tecnológica Nacional Regional Córdoba (UTN), donde se facilitó un equipo para dicho ensayo. Para el mismo se prepararon unas placas cuadradas de 30x30 cm con un espesor aproximado de 4,5 cm. Por lo tanto en el laboratorio de la UNSa se elaboró un molde de madera para poder obtener las muestras con las medidas necesarias. Se llenaba en dos capas y se realizaban 25 golpes por cada capa siguiendo las recomendaciones de la UTN. Se trató de que la compactación sea similar a la de los ladrillos y para verificar esto, se compararon las densidades de ambas.

La Conductividad térmica para los ladrillos en estudio fue de 0.764 [W/°C.m].

Algunos de los valores de conductividad térmica de los adobes, analizados por diversos autores en función de la densidad (Cutíño; Esteves; Maldonado; Rotondaro, 2015).

Tabla 5. Conductividad Térmica de adobes

Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductividad Térmica [W/°C.m]
750	0,20
1200	0,46
1650	0,82

#### 4.6. Pila de ladrillos

La resistencia de la albañilería a compresión, tracción y corte definen el comportamiento estructural de los diferentes elementos de la albañilería ante la acción de las solicitaciones reales. Con el propósito de determinar dichas resistencias se han diseñado multitud de ensayos en pequeños especímenes, cuyo resultado constituyen la base de nuestro conocimiento estructural del material.

El método para determinar la resistencia básica a la compresión de la mampostería está estandarizado y consiste en un prisma de unidades asentadas una sobre otra.

La esbeltez y la altura mínima de los prismas dependen si la mampostería es de ladrillos o bloques. En este caso la relación alto ancho del prisma estará entre 2 y 5 y el alto no será menor de 35 cm.

Los prismas no se curan, solo se protegen con una tela húmeda durante veinticuatro horas y luego se colocan bajo techo hasta q son ensayados, estos ensayos se realizan a los 28 días, pero pueden hacerse antes.

El ensayo se realiza en una maquina universal de compresión, aplicando un ritmo de carga controlado hasta que el espécimen no admite mas carga. El resultado del ensayo se obtiene de dividir esta carga última entre el área del testigo. Esta área será la bruta para prismas de unidades solidas de unidades huecas rellenas con concreto liquido o de unidades tubulares. El área será la neta para unidades huecas o perforadas. La prueba consistirá en por lo menos dos ensayos, preferentemente tres.

Se ensayaron 4 pilas de ladrillos con 28 días de maduración. Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM 12737 [6], el valor de resistencia a la compresión fue de 2,775 MPa.

Tabla 6. Resistencia a compresión de pilas de ladrillos

Pila de ladrillo	Carga [kg]	Área [cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_m$ [MPa]	$\sigma_{mh}$ [MPa]
I	13910	580	2,398	2,775
II	15890	580	2,740	
III	17090	580	2,947	
IV	17480	580	3,014	



Figura 2. Pila de ladrillos producido con una prensa manual CINVA RAM.

#### 4.7. Módulo de elasticidad de la mampostería

El módulo de elasticidad longitudinal  $E_m$  de la mampostería podrá determinarse experimentalmente o bien establecerse en forma aproximada según lo indica la fórmula a continuación:

$$E_m = 850f'_m \quad (6)$$

- $E_m$  es el módulo de elasticidad longitudinal de la mampostería en MPa.
- $f'_m$  es la resistencia especificada a compresión de la mampostería.

Aplicando las fórmulas de la Norma IRAM 12566-1 [7], el valor del Módulo de elasticidad de la mampostería fue de 2363 MPa.

### 5. CONCLUSIONES

Se concluye que los ladrillos de perlita presentan características aceptables, y con esto se refiere a que presenta no solo un bajo coeficiente térmico, sino también a su buena resistencia, durabilidad, absorción y succión capilar con respecto al mampuesto de comparación, que es el adobe. Podemos mencionar así también la textura dando como opción tener una terminación a la vista (sin necesidad de revoque) beneficiando los costos de la construcción. El trabajo queda abierto para continuar mejorando la performance de estas dosificaciones, que es la esencia de la ingeniería, continuar mejorando.

### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://www.miningpress.com/nota/22495/salta-duplico-su-exportacion-de-perlita>
- IRAM 50000 Cemento para uso general. Primera edición 2000
- IRAM 12586 Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Método de ensayo de resistencia a la compresión. Segunda edición 2004.
- IRAM 12587 Ladrillos y bloques cerámicos para muros. Métodos de determinación de las características físicas. Ensayo a la flexión. 2013.
- IRAM 12588 Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de muros. Método de ensayo para la determinación de la capacidad de absorción de agua por inmersión en agua fría y en agua hirviendo. 2006.
- IRAM 12737. Mampostería de ladrillos y bloques cerámicos. Método para determinar la resistencia a la compresión de muros mediante el ensayo de pilas de mampostería. 2005.
- IRAM 12566-1. Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción de tabiques y muros. Parte 1: Macizos. 2005
- Aramayo, A., Burgos, L., Fernández, M. (2014) Estudio de finos de perlita en la fabricación de ladrillos para su uso en viviendas sociales. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Cutiño, G; Esteves, A; Maldonado, G; Rotondaro, R. (2015) Análisis de transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. Informes de construcción. ISSN-L: 0020-0883
- Gallegos, H. (1993). Albañilería estructural. Diseño y cálculo de muros – Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Sastre, M; Suárez, O; González, M. (2013) Análisis de distintas dosificaciones para la elaboración de ladrillos con finos de perlitas. Congreso Internacional de Patología. ISBN 978-958-58090-0-0

### 6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta y a CINTEMAC de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba.



## EVALUACION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE AGLOMERADOS BASADOS EN RESIDUOS DE ALGODÓN Y LOS TRATAMIENTOS EMPLEADOS

*Romina Argento (romina\_argento@hotmail.com); Andrés Malgor (andres\_mr91@hotmail.com); María Fernanda Carrasco (mcarrasc@frsf.utn.edu.ar); Joao Ferreyra (joaoferreyra7@gmail.com); Carlos Defagot (cdefagot@frsf.utn.edu.ar); Rubén Grether (grether.ruben@gmail.com); Mirtha Maximino (maximino@fiq.unl.edu.ar)*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF), Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI) - Arg.

Universidad Nacional del Litoral (UNL), Instituto de Tecnología Celulósica (ITC) - Arg.

**Palabras clave:** algodón, desmote, residuos lignocelulósicos, aglomerados, compatibilidad.

*Los residuos lignocelulósicos provenientes del desmote del algodón se acumulan luego de cada campaña en las plantas desmotadoras que se ven obligadas a disponer estos grandes volúmenes con costos adicionales y riesgos de incendios espontáneos. Se estima que en Argentina se generan entre 65.000 y 300.000 t al año, dependiendo de las hectáreas sembradas y la productividad del cultivo.*

*Con estos residuos es factible producir aglomerados, empleando aglomerantes cálcicos, destinados a la fabricación de placas y bloques para viviendas y se ha verificado que la aplicación de tratamientos en soluciones alcalinas de estos residuos modifica las características físicas y mecánicas de los aglomerados obtenidos.*

*Uno de los inconvenientes relacionados con los tratamientos en soluciones alcalinas radica en el consumo de agua que conllevan, tomando en cuenta que en la región algodонера argentina este recurso no es abundante.*

*En este trabajo se analizan dos alternativas para el proceso productivo, una en la cual el tratamiento de los residuos se efectúa en forma independiente del moldeo y otra en la cual estos procesos se conjugan con la intención de reducir el consumo de agua.*

*Se estudian las modificaciones que producen los tratamientos en soluciones alcalinas del residuo y la variación en el proceso de fabricación sobre las propiedades mecánicas de los aglomerados obtenidos y la morfología de las interfaces que se generan entre el aglomerante y las partículas del residuo.*

*Se realiza una cuantificación de los volúmenes de agua insumidos en la fabricación en función de los diagramas de producción.*

*Los resultados obtenidos permiten concluir que es posible reducir significativamente el consumo de agua al modificar el proceso productivo y confirmar que las modificaciones en la respuesta de los aglomerados responden al incremento en la compatibilidad del aglomerante y los residuos lignocelulósicos cuando se lo somete a determinados tratamientos alcalinos.*

### 1. INTRODUCCIÓN

La producción de algodón se desarrolla en Argentina, primordialmente en las provincias de Santa Fe, Chaco, Formosa, Santiago del Estero y Corrientes, con una fuerte concentración geográfica.

Esta producción resulta variable año a año, dado que se encuentra muy influenciada por parámetros ambientales pero también por la demanda y el precio internacional (Tabla 1) (DELSSIN, 2012). En la última campaña 2016/2017 las estimaciones agrícolas indican que se produjeron 1.429.852 t en todo el país (MINAGRI, 2018), no obstante, dada la alta

variabilidad de la producción es difícil pensar en aplicaciones del residuo de alta complejidad. Es por esto que nuestro planteo se basa en obtener una disposición final para el residuo con utilización de tecnologías sencillas, fácilmente apropiables y transferibles, mediante la fabricación de aglomerados de cascarilla con cemento.

Este tipo de aglomerados que combinan cemento y materiales lignocelulósicos se han empleado, ampliamente y por más de 100 años, para la construcción de estructuras de cerramiento y aislamiento de edificios en Europa y Estados Unidos (PICCIONI et. al, 2013), y su utilización se ha comenzado a extenderse hacia los países de zonas tropicales. Del mismo modo, múltiples experiencias de reciclado de residuos se han comenzado a desarrollar y, particularmente, apuntando a residuos agroindustriales (RIVAROLA et. al., 2006) (PANDEY; NEMA, 2004) (DESIRELLO et. al., 2004).

Las evaluaciones realizadas (PICCIONI et. al, 2013) hasta el momento, indican que pueden producirse elementos constructivos tales como bloques y placas mediante la aglomeración de los residuos de desmote del algodón con cemento, presentando éstos adecuadas propiedades mecánicas, bajo peso específico y reducida conductividad térmica.

No obstante, si bien es posible efectuar esta producción con los residuos en su estado natural, se verifica que las propiedades mecánicas mejoran cuando el residuo recibe tratamientos previos, y este cambio en el comportamiento se puede relacionar con la compatibilidad existente entre el cemento y los residuos del desmote.

**Tabla 1.** Variabilidad anual de producción de algodón

Año	Algodón en bruto, t x 103	Año	Algodón en bruto, t x 103
2000/2001	509,41	2006/2007	545,40
2001/2002	218,16	2007/2008	493,60
2002/2003	201,51	2008/2009	389,00
2003/2004	354,00	2009/2010	735,50
2004/2005	448,00	2010/2011	1155,80
2005/2006	315,00	2011/2012	708,87

Se sabe que los azúcares, lignosulfonatos, hemicelulosas, almidón, fenol, entre otros compuestos comunes en los materiales celulósicos, llamados "venenos para el fraguado de cemento" pueden catalizar como membranas impermeables alrededor de los granos de cemento, evitando que se produzcan las reacciones de hidratación y provocando la inhibición o retraso de fraguado del mismo (NEVILLE, 1998). Además se cree que estos retardadores naturales pueden modificar el desarrollo de cristales o su morfología en caso de ser absorbidos por la membrana formada en la hidratación del cemento y retrasar de este modo el crecimiento de los núcleos de hidróxido de calcio, formando de esta manera una barrera más eficaz para la hidratación.

Los tratamientos en soluciones acuosas son efectivos, ya que en su mayor parte las sustancias contenidas en la biomasa son extraíbles en soluciones y que la eficiencia del proceso depende de la naturaleza de los residuos. Adicionalmente, se deben considerar factores como el pH de la solución, la temperatura y duración de la inmersión (BERALDO; BALLERINI, 2007).

La evaluación del comportamiento de estos residuos en presencia de cemento puede ser efectuada de dos maneras distintas, una alternativa es cuantificar los parámetros de la curva de hidratación de la mezcla y otra es analizar el comportamiento mecánico del compuesto (BERALDO; BALLERINI, 2007).

Paralelamente, Argentina dispone de una reserva hídrica sumamente importante, no obstante esta oferta es muy irregular, por lo que en varias provincias la disponibilidad de agua es escasa (CALCAGNO et al, 2000). En particular la región algodonera ha sufrido en las últimas décadas períodos de sequías muy intensos, que han venido atentando contra la disponibilidad de este recurso para las poblaciones de la zona y para las actividades productivas (INTA, 2009). En este escenario, se considera necesario analizar opciones de producción que permitan minimizar el uso de agua.

En este trabajo se analizan las modificaciones que producen los tratamientos en soluciones acuosas sobre el residuo y la implicancia de estas modificaciones en el comportamiento físico y mecánico de los aglomerados obtenidos. Asimismo, se analiza posibilidad de modificar los procesos de moldeo para reducir el consumo de agua derivado del tratamiento de los residuos y del moldeo de los aglomerados, considerando su influencia sobre las propiedades mecánicas y físicas de los aglomerados obtenidos.

## 2. OBJETIVOS

- Evaluar la modificación en la composición química de los residuos de desmote del algodón que producen los tratamientos por inmersión en soluciones acuosas.
- Evaluar la influencia que ejercen la modificación en la composición química de los residuos de desmote, sobre las propiedades mecánicas y físicas de los aglomerados basados en residuos de desmote de algodón y cemento.
- Evaluar la posibilidad de modificar los procesos de moldeo para reducir el consumo de agua derivado del tratamiento de los residuos y del moldeo de los aglomerados, considerando su influencia sobre las propiedades mecánicas y físicas de los aglomerados obtenidos.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Materiales

Para el desarrollo del estudio se utilizó residuo de desmote del algodón proveniente de una desmotadora ubicada en territorio argentino, en su estado natural y tratado mediante inmersión por 72 hs en soluciones acuosas (Tabla 2), cemento portland compuesto (CPC, IRAM 50000) con categoría resistente CP40 y  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  de calidad industrial en hojuelas con un contenido de  $\text{CaCl}_2$  de 77 % que actúa como agente acelerante del fraguado del cemento.

### 3.2. Métodos

#### 3.2.1. Análisis químico.

Sobre los residuos de desmote, en estado natural y sometidos a los diferentes tratamientos por inmersión en soluciones acuosas, se realizaron determinaciones de solubilidad en NaOH al 1 %, solubilidad en agua fría y caliente. Los valores correspondientes a solubilidad en agua fría y caliente, se corrigieron de acuerdo a su contenido de cenizas. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado y los resultados que se presentan corresponden a las medias aritméticas de las réplicas.

##### 3.2.1.1. Solubilidad en NaOH al 1 %.

Se realizó de acuerdo a las especificaciones de la norma TAPPI 212 om-02. La técnica consiste en dispersar 2 g secos de muestra molida (Fracción -20/+80) en una solución de NaOH al (1±0,1) % para luego colocar el sistema en baño de agua a (97-100) °C, durante una hora. Finalizado el tiempo, se filtra y determina el porcentaje de solubles por diferencia entre los pesos secos antes y después de la extracción.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Solución	Relación agua/residuo (g/g)	Relación $\text{Ca(OH)}_2/\text{agua}$ (g/g)	Tratamiento posterior
N	N/A	N/A	N/A	N/A
$W_0$	Agua	5	0	Escurrido + secado
$X_0$	Agua + $\text{Ca(OH)}_2$	5	0,0066	Escurrido + secado
$W_1$	Agua	5	0	Escurrido
$X_1$	Agua + $\text{Ca(OH)}_2$	5	0,0066	Escurrido

### 3.2.1.2. Solubilidad en agua

Las determinaciones de solubilidad en agua fría y agua caliente se realizaron según norma TAPPI 207 om-93. Ambos ensayos implican el tratamiento con agua de 2 g secos de muestra molida (Fracción -20/+80) bajo distintas condiciones. En el primer caso, se mantiene durante 48 hs a  $(23 \pm 2)$  °C con agitación constante. En el segundo caso, se emplea baño maría y reflujo durante 3 hs. Luego de filtrar, se calculan los porcentajes por diferencia entre los pesos secos antes y después de la extracción.

### 3.2.2. Moldeo de probetas

El moldeo de las probetas se realizó de manera manual. Los moldeos se efectuaron según 3 alternativas: moldeo tradicional, moldeo con escurrido por centrifugado y moldeo con escurrido por centrifugado más el agregado de agua de tratamiento.

En el moldeo tradicional (0), se disuelve en agua el  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , luego se incorpora el cemento y se mezcla hasta obtener una lechada, finalmente se agrega el residuo de desmote de algodón seco mezclando hasta obtener homogeneidad.

En el moldeo con escurrido (1), se disuelve el  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en 20 g de agua limpia, luego se incorpora el cemento y el residuo de desmote tratado y escurrido y se mezcla hasta obtener homogeneidad.

En el moldeo con escurrido más el agregado de agua de tratamiento (2), se disuelve el  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en el agua de tratamiento agregada, luego se incorpora el cemento y el residuo de desmote tratado y escurrido y se mezcla hasta obtener homogeneidad. En este moldeo se prescinde del agua presente en el residuo escurrido y se incorpora una cantidad de agua igual a la presente en el moldeo 0.

En todos los casos se mantuvieron constantes las razones, en peso, cemento-residuo de 1.885 g/g y acelerante-cemento de 0.04 g/g. La razón agua-cemento resultó variable de acuerdo a la condición del residuo.

Una vez obtenida cada mezcla se procedió a colocarla en un molde metálico de 10 cm de diámetro y aproximadamente 30 cm de alto. Luego se aplicó carga a velocidad constante hasta alcanzar una presión de  $1,30 \text{ kg/cm}^2$  (Figura 1). La probeta comprimida permaneció en el molde por  $8 \pm 1$  hs y posteriormente, en el desmolde (Figura 2), y se registró el peso, el diámetro y la altura promedio. Las probetas se mantuvieron a temperatura y humedad ambiente sin ningún tipo específico de curado hasta el momento del ensayo. Los moldeos se realizaron por triplicado.

### 3.2.3. Determinación de densidad

Transcurridos 28 días desde el moldeo de la probeta se determina nuevamente el peso, el diámetro y la altura promedio y se calcula la densidad por medio del cociente entre el peso y el volumen de la probeta.

### 3.2.4. Determinación de resistencia

El ensayo de resistencia a compresión simple se realiza luego de cumplidos los 28 días desde el moldeo de la probeta. Se comprime la probeta a velocidad constante y en la dirección de moldeo hasta alcanzar una deformación igual al 10 % de la altura promedio antes del ensayo. Se registra la carga y se calcula la resistencia por medio del cociente entre ésta y el área transversal de la probeta.



**Figura 1.** Moldeo por compresión en prensa



**Figura 2.** Probeta desmoldada

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis químicos.

La composición química de los residuos de la producción algodonera varía no sólo según la desmotadora de procedencia sino también en función de la zona de cultivo y tipo de tratamiento durante el crecimiento de la planta.

Los resultados de solubilidad en NaOH, en agua fría y en agua caliente para cada una de las muestras analizadas se exponen en la tabla 3.

Por otra parte, de las tabla 3, se puede observar que todos los tratamientos a los cuales se sometió al residuo de desmote, permiten solubilizar algunos componentes presentes en el material lignocelulósico, quedando evidenciado por el mayor valor de solubles que presentan las muestras N. El procedimiento de agua fría constituye una medida de componentes tales como taninos, gomas, azúcares y materiales colorantes. El procedimiento en agua caliente mide, además, el almidón.

**Tabla 3:** Solubles presentes en residuo de desmote

	N	W	X
Solubles en NaOH al 1% - Fracción -20/+80	46,0	44,4	44,0
Solubles en agua caliente - Fracción -20/+80 – Promedios corregidos por cenizas	16,1	11,7	9,4
Solubles en agua fría - Fracción -20/+80 – Promedios corregidos por cenizas	11,9	7,7	11,5



Por otra parte, se observa que los valores de solubles en NaOH resultaron superiores, en general, en aquellas muestras tratadas en agua, mostrando que las soluciones alcalinas extraen carbohidratos de bajo peso molecular principalmente las hemicelulosas presentes en la muestra. Esta capacidad de las soluciones de modificar la composición de los materiales lignocelulósicos se manifiesta al advertir que el tratamiento que incorpora  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  permite remover una mayor proporción de compuestos que aquel que se realiza sólo con agua. Dicha solubilización favorece el fraguado del cemento y podría mejorar la resistencia de los elementos moldeados.

#### 4.2. Densidad y resistencia.

Los resultados obtenidos luego del moldeo y ensayo a compresión simple de probetas, empleando las diferentes muestras (naturales y tratadas) y los diferentes moldeos, se resumen en la tabla 4.

Luego del análisis de datos se puede concluir que las probetas correspondientes al moldeo tradicional (moldeo 0) presentaron siempre una densidad en el momento del ensayo mayor, independientemente del tipo de tratamiento realizado. Esto puede atribuirse a la disolución de diferentes compuestos durante el tratamiento y posterior secado, con un consecuente un cambio en la rigidez de las partículas y una mayor facilidad de moldeo.

En el moldeo tradicional, se observa que la resistencia a compresión de los aglomerados se incrementa cuando los residuos son sometidos a los tratamientos de inmersión, confirmando que la solubilización de ciertos compuestos favorece el fraguado del cemento y mejora la resistencia de los elementos moldeados (PICCIONI et. al, 2013). Es posible observar que la resistencia de los aglomerados se incrementa a medida que disminuye el contenido de solubles respecto del valor correspondiente a los residuos en su estado natural.

Esta mejora en el comportamiento mecánico se obtiene a costa de un incremento muy significativo del consumo de agua, que corresponde a aquella utilizada para tratar el residuo (y que luego se descarta) más el agua de moldeo.

Se puede observar que los moldeos alternativos, que buscan aprovechar el agua de tratamiento contenida en el residuo y/o aquella que se descartaría habitualmente, permiten reducir el consumo de agua, sin lograr alcanzar los valores correspondientes al moldeo tradicional con el residuo en estado natural. Más aún, se observa que en los moldeos alternativos, sólo es posible alcanzar valores de resistencia mecánica comparables con el moldeo 0 para la muestra natural.

Se aprecia asimismo, que a diferencia de los aglomerados obtenidos en el moldeo tradicional, aquellos resultantes de moldeos alternativos presentan una significativa expansión entre el momento del moldeo y el ensayo. Dado que los tiempos de permanencia en los moldes fueron uniformes, esta expansión puede atribuirse a escasas de pasta de cemento o deficiente evolución de la resistencia de la misma. La pasta de cemento que aglomera las partículas del residuo de desmote debe alcanzar un mínimo nivel de resistencia. Tal como se esquematiza en la Figura 2, se estima que la resistencia a tracción de la pasta de cemento en el momento del desmolde debe ser igual o mayor a la presión de conformación del aglomerado para permitir su desmolde sin que se produzca la falla del material (MUÑOZ et al, 2014).

A partir de los valores resumidos en la tabla 5, se advierte que parte del agua incorporada a los aglomerados, ya sea con la cascarilla escurrida o como agua de mezclado, se evapora entre el momento del desmolde y la edad de 28 días. El porcentaje de agua evaporada resulta mayor cuando el agua se incorpora saturando al residuo.



**Tabla 4:** Propiedades medidas en los aglomerados

Tratamiento	Densidad en Desmolde (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad en ensayo (g/cm <sup>3</sup> )	Expansión [%]	Resistencia (MPa)	Promedio consumo agua (l/m <sup>3</sup> )
<b>Moldeo 0</b>					
N	0,920	0,770	0,00	1,24	291,0
W	0,962	0,850	0,00	1,86	1478,3
X	1,068	0,840	0,00	1,90	1633,6
<b>Moldeo 1</b>					
W1	0,945	0,751	0,77	1,28	1043,3
X1	0,978	0,743	2,77	0,84	1108,4
<b>Moldeo 2</b>					
W2	1,168	0,740	1,08	1,34	1020,3
X2	1,180	0,670	9,66	0,73	937,6

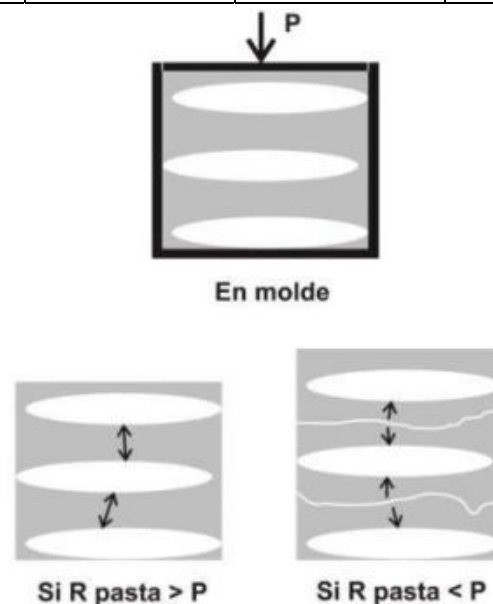


Figura 2. Esquema de comportamiento de los aglomerados

Tabla 5: Análisis de la pasta de cemento en los aglomerados

Tratamiento	Agua evaporada durante estacionamiento (% del agua total)	Volumen pasta cemento (cm <sup>3</sup> )	Razón pasta/residuo (cm <sup>3</sup> /g)	Razón a/c de pasta de cemento (g/g)
<b>Moldeo 0</b>				
N	51,9	385,43	1,33	0,37
W	54,3	379,00	1,30	0,35
X	55,9	384,37	1,28	0,34
<b>Moldeo 1</b>				
W1	59,0	316,37	1,27	0,43
X1	61,9	322,27	1,19	0,38
<b>Moldeo 2</b>				
W2	71,5	384,99	1,54	0,48
X2	73,3	341,42	1,75	0,59

Esta evaporación muestra que esa fracción evaporada de agua, no se ha combinado con el cemento portland para formar la pasta resistente. Entonces, a partir de esta consideración, se puede calcular el volumen de pasta disponible y su relación con la cantidad de residuos a aglomerar.

Cuando el agua se incorpora saturando el residuo (moldeo 1) se observa que la razón pasta/residuo se reduce, pudiendo presumirse que la escasez de pasta impide aglomerar adecuadamente las partículas del residuo, redundando en una reducción de la resistencia mecánica. Esta reducción en la disponibilidad de pasta se debe mayoritariamente a la reducida velocidad con la cual el residuo pone a disposición agua para la formación de los compuestos cementicios.

Cuando el agua se incorpora saturando el residuo y se agrega también agua del tratamiento para el mezclado (moldeo 2), es posible incrementar la razón pasta/residuo. No obstante, la presencia de los extractivos del residuo solubilizados en el agua que se agrega afectan el proceso de hidratación del cemento y reducen la resistencia mecánica (NEVILLE, 1998).

## 5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se puede concluir que los tratamientos aplicados al residuo de desmote de algodón solubilizan algunos compuestos y dicho proceso favorece el fraguado del cemento y mejora la resistencia a compresión de los elementos moldeados. No obstante, la mejora en la resistencia mecánica conlleva un incremento muy significativo del consumo de agua.

Las alternativas evaluadas para la reducción del empleo de agua en la producción de los aglomerados no resultan satisfactorias, ya que sólo permiten igualar los niveles resistentes de los aglomerados elaborados sin tratamientos previos del residuo.

Este comportamiento puede atribuirse, por un lado, a que una proporción importante del agua contenida en el residuo no está disponible para el proceso de hidratación del cemento y, por otra parte, a que la presencia de compuestos orgánicos extraídos mediante los tratamientos están presentes en el agua y afectan la reacción del cemento y el agua.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERALDO, L., BALLERINI, A. *Compuesto de residuos de pinus radiata y cemento portland*. Madeira, n. 21, 2007.
- DELSSIN, E. *Tendencias algodonerías en Argentina- INTA Centro Reg. Chaco Formosa (2012)*.
- DESIRELLO, C.; CERINI, S.; CHARADÍA, R.; SCALFI, R.; LIBERMAN, C.; STEFANI, P. M. *Efecto de las condiciones de procesamiento sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz*, Anales CONGRESO SAM/CONAMET, 2004.
- MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA (MINAGRI), *Estimaciones agrícolas. Año 2018, disponible Online en: <https://www.agroindustria.gob.ar/datosagroindustriales/> (acceso: 10-11-18)*.
- NEVILLE, A.M.; BROOKS, J.J. *Tecnología del concreto*; México, D. F. Trillas, 1998. 329 p.
- PANDEY, A.; NEMA, P.K. *Development of Particle Board from Soybean Husk without Resin*, Journal of North Eastern Regional Institute of Science and Technology, (NERIST) 85, p. 5-9, 2004.
- PICCIONI, J.; MUÑOZ, H. J.; SANCHEZ, M. A.; DEFAGOT, C. A.; GREYER, R. M.; CARRASCO, M.F. *13er Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales (SAM CONAMET 2013) y Simposio Internacional sobre materiales lignocelulósicos*. Puerto Iguazú, Argentina, 2013, paper "Masonry blocks produced from cotton gin trash".
- RIVAROLA, A.; ROJO, L.; GARDEY MERINO, M.; ARENA, A. P. *Materiales alternativos para la fabricación de placas de aglomerado, Encuentro Reciclado de residuos de construcción y demolición (RCD) y de residuos de procesos (RP) PROCQMA, 2006*.

- CALCAGNO, A.; MENDIBURO, N.; GAVIÑO, M. *Informe sobre la gestión del agua en la República Argentina, 2000, disponible Online en: <https://www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inar00200.pdf> (acceso: 10-11-18).*
- CONSEJO LOCAL ASESOR DE LA EEA INTA RECONQUISTA. *Informe Impacto Sequía en el Norte de Santa Fe, 2009, disponible Online en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-informe\\_impacto\\_sequa\\_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-informe_impacto_sequa_.pdf) (acceso: 10-11-18).*
- MUÑOZ, H.J.; FERREYRA, J.; AGUIRRE, D.D.; ANDERSON, A.M; BRUSELARIO, A.; DEFAGOT, C. A.; CARRASCO, M.F. *14° Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Metalurgia y Materiales (SAM-CONAMET/IBEROMAT/MATERIA 2014). Santa Fe, Argentina, 2014, paper "Influencia del contenido de CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O sobre el proceso productivo de aglomerados basados en residuos del desmote del algodón".*

## 8. AGRADECIMIENTOS

La concreción de este trabajo fue posible gracias a la colaboración de la desmotadora de algodón ACRIBA S.A. de Villa Minetti (Santa Fe – Argentina) y al financiamiento de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA COMPONENTES DE CERRAMIENTO VERTICAL DE MATERIAL RECICLADO

Julián González Laría ([juliangonzalezlaria@gmail.com](mailto:juliangonzalezlaria@gmail.com)); Alejandro Pablo Arena ([aparena@gmail.com](mailto:aparena@gmail.com)); Gaggino Rosana ([rgaggino@ceve.org.ar](mailto:rgaggino@ceve.org.ar)); Kreiker Jerónimo ([jkreiker@ceve.org.ar](mailto:jkreiker@ceve.org.ar)); Positieri María ([mpositieri@gmail.com](mailto:mpositieri@gmail.com))

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) - Arg.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza (UTN-FRM) - Arg.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC) - Arg.

**Palabras clave:** perfiles de aberturas, plástico reciclado, análisis de ciclo de vida

*Dentro del campo de los nuevos materiales existen numerosos estudios sobre la tecnología para el reciclado de los plásticos. La mayoría de estos se basa en su reutilización como áridos en mezclas cementicias.*

*Una alternativa para la reutilización de plásticos, consiste en la producción de piezas moldeadas. La desarrollada por nuestro equipo de investigación, es la producción de un material compuesto por polietileno-tereftalato (PET) y polietileno (PE) reciclados para la producción de perfiles para aberturas. El material posee propiedades mecánicas y físicas que lo hacen apto para este uso, incluso con un comportamiento térmico ventajoso frente a otros existentes en el mercado.*

*La tecnología para producción de los perfiles es una modificación de una extrusión simple y la fabricación del componente constructivo ventana con estos perfiles, se realiza con técnicas de carpintería tradicional, con resultados satisfactorios de calidad y estética.*

*En el presente trabajo se presenta un análisis del ciclo de vida (ACV) preliminar de este componente, durante todo su proceso productivo hasta obtener el componente final (de la cuna a la puerta). La categoría de impacto ambiental considerada es el Consumo acumulado de Energía.*

*Este análisis forma parte del estudio de viabilidad de esta tecnología, el cual abarca el cumplimiento de objetivos ecológicos, económicos y técnicos planteados inicialmente en el proyecto. Se la considera más ecológica que otras tradicionales por utilizar un 100 % de materiales reciclados. El ACV permitirá avanzar sobre el cálculo de la estructura de costo de producción de estos componentes, y también para determinar la sustentabilidad ecológica de los mismos.*

*Los resultados muestran que el Consumo energético en esta tecnología se debe principalmente a la obtención de los plásticos reciclados molidos, utilizando molinos industriales eléctricos, y a su extrusión posterior a temperatura alrededor de 245 °C, en una extrusora tradicional. El valor final del consumo acumulado de energía, resulta inferior a los de ventanas de perfiles de madera de diseño comercial.*

*Por no estar incluidas las etapas de uso y mantenimiento, donde la perfilería plástica es normalmente superior, los resultados parecen prometedores, pero deberá ampliarse el análisis.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del campo de los nuevos materiales existen numerosos estudios sobre las tecnologías para el reciclado de los plásticos y su posterior aplicación en la construcción. La mayoría de los mismos se basan en la aplicación de estos, luego de su procesado, en mezclas cementicias como agregados o fibras de refuerzo (Siddique, Khatib, & Kaur, 2008). Si bien esto permite incorporar el residuo en un nuevo circuito productivo, la mayoría de los

áridos plásticos no otorgan propiedades beneficiosas a los hormigones. Y en el caso de las fibras, aportan mejoras en la resistencia a tensiones menores, fisuras por dilatación o frente a la heladicidad (Chandra, Aavik, & Berntsson, 1982)(Won, Jang, Lee, Lee, & Kim, 2010).

Otra alternativa de mejor resultado, es la reutilización de plásticos en procesos de extrusión o moldeo, que permiten obtener distintos tipos de componentes, en el caso que se presenta en este trabajo de investigación, perfiles para aberturas. Si bien en estos se producen algunos efectos de degradación, con menores prestaciones que los de materiales vírgenes (Itim & Philip, 2015), sus propiedades técnicas tienen la aptitud necesaria para ser utilizados en carpinterías, según la normativa vigente en nuestro país. De esta forma se aprovechan las características ventajosas de los polímeros, principalmente elasticidad y resistencia.

Un ejemplo es la producción de un material compuesto por polietileno-tereftalato (PET) y polietileno (PE) (Navarro, Ferrándiz, López, & Seguí, 2008) reciclados aplicable para la producción de perfiles para aberturas. El material constituido totalmente por plásticos de residuos, puede ser procesado y extruido y posee propiedades mecánicas y físicas suficiente para su utilización en estos componentes no portantes(Laria Gonzalez, Positieri, Gaggino, Kreiker, & Peisino, 2018). El PET es obtenido del reciclaje de envases de alimentos de los residuos sólidos urbanos (RSU) triturados y el polietileno del reciclado de Silobolsas, films utilizados en la actividad agrícola.

Por otra parte ya se ha demostrado que en el consumo energético mundial actualmente, el costo de la climatización de edificios es una gran parte y en este las ventanas son un componente clave (Weir, Muneer, Tobergte, & Curtis, 2016). Debido a la alta conductividad térmica que implican las superficies vidriadas y a la infiltración debido al diseño y materiales de la periferia utilizadas (Shakouri & Banihashemi, 2016).

Sólo en un análisis teórico, el coeficiente de Transmitancia térmica (K) de una ventana prototipo arrojó valores similares a las fabricadas con perfiles de producidas con madera e inferiores a las fabricadas con perfiles de aluminio simples (Gonzalez Laría et. al, 2018) .

En el presente trabajo se presenta un análisis del ciclo de vida (ACV) preliminar de este componente, durante todo su proceso productivo hasta obtener el componente final (de la cuna a la puerta). La categoría de impacto ambiental considerada es el Consumo Acumulado de Energía (CAE).

Este análisis forma parte del estudio de viabilidad de esta tecnología, más ecológica que otras tradicionales por utilizar un 100 % de materiales reciclados y aportar a la reducción del consumo energético en climatización de edificios.

## 2. OBJETIVOS

Es objetivo del presente trabajo, obtener el valor de CAE (kw) de la tecnología de fabricación de ventanas con perfiles de plástico reciclado, para un componente prototipo. A su vez comprender y describir las etapas del proceso y la influencia de estas en el costo energético final y compararla con valores de componentes similares.

### 2.1. Alcance

#### 2.1.1. Unidad funcional: Ventana de 1.20 x 1.20 m.

#### 2.1.2. Sistema - Componentes principales:

- Plástico reciclado PE - Pelletizado comercial
- Plástico reciclado PET - Molido obtenido de RSU
- Vidrio - Doble vidriado hermético (DVH) 6-12-6, con aire atmosférico interior
- Caucho - Pequeñas cantidades en burletes agregados al proceso
- Sellador - Pequeña cantidad para sellado del vidrio

### 2.1.3. Diagrama de procesos

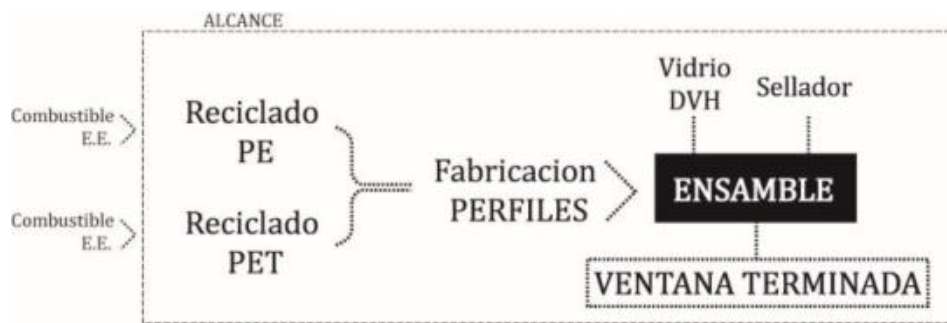


Figura 1. Diagrama de procesos

## 2.2. Limites del sistema

Se consideran los componentes de incidencia mayor al 5% durante el proceso. La energía requerida en la fabricación y obtención del vidrio y fabricación del DVH, así como del sellador utilizado para la hermeticidad del mismo en el ensamblaje, son calculadas en base a valores obtenidos de bibliografía.

## 3. METODOLOGÍA

El método de evaluación utilizado será el propuesto por la SETAC, evaluando los materiales o energía utilizada y todos los descartes liberados al ambiente natural en ese proceso. La categoría de impacto considerada es el Consumo Acumulado de Energía (CAE).

### 3.1. Proceso de fabricación

Esta tecnología incluye varios procesos donde se requiere el uso de energía eléctrica, iluminación, provisión de materias primas, entre otros, comenzando con la obtención de los materiales de fabricación a partir del reciclado de residuos.

En este caso el plástico polietileno-tereftalato (PET) y polietileno (PE), componentes de la mezcla, provienen de procesos diferenciados.

El PET, proveniente de residuos sólidos urbanos, comienza con el transporte de los residuos desde un centro de acopio, donde es depositado por los usuarios. Luego de tener disponibles los materiales en la planta de producción, es necesario realizar la molienda de los mismos, obteniendo escamas del plástico a utilizar. En este caso tenemos el costo energético (CE) del combustible líquido, utilizado para el transporte del residuo a una planta modelo y la energía eléctrica para la molienda de los envases plásticos.

Por otra parte, el PE proviene del reciclado de los Silobolsas, un insumo de la actividad agrícola, y se obtiene por el lavado y molienda del film plástico. Luego fundido y pelletizado para su reutilización. En este caso el costo surge del combustible líquido utilizado para su transporte a planta, la energía eléctrica consumida para su lavado y molienda y por último la utilizada para su extrusión y pelletizado.

En una segunda etapa al CE del proceso se suma la energía utilizada para la extrusión a temperatura de 245°C. La energía eléctrica se divide a su vez en dos componentes, el calentamiento con resistencias eléctricas previo y durante todo el proceso del ciclo de producción, acoplado parcialmente al consumo del motor eléctrico, que impulsa la mezcla solo durante la extrusión.

Finalmente durante el ensamble, la ventana se fabrica termo fusionando los perfiles entre sí, seguidamente se atornillan el marco móvil (o de la hoja) y el marco fijo, se fijan bisagras y trabas y el vidrio se incluye en la hoja móvil y es sellado. Detalles en Figura 2.





Figura 2. Momentos del proceso de fabricación y montaje

### 3.2 Análisis de inventario

De acuerdo al diagrama de flujos del sistema y el alcance del estudio, se consideran los siguientes subsistemas: 1. Reciclado PE - 2. Reciclado PET - 3. Fabricación Perfiles - 4. Fabricación del DVH - 5. Ensamble. Detallado en la Figura 3.

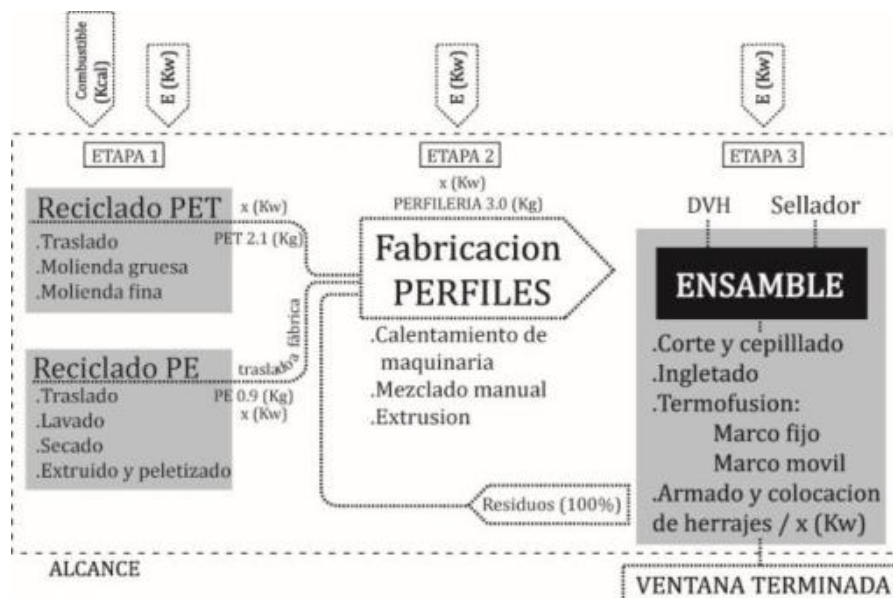


Figura 3. Análisis general de inventarios

En todos los casos la energía utilizada esta compuesta principalmente por energía eléctrica de línea (EE) o combustible liquido de vehículos. En este último caso se realiza la conversión para igualar en unidades de kWh.

La utilización de un DVH, en reemplazo al vidrio simple, se debe a la estrategia de mejoramiento de la conductividad térmica del componente como fue determinado en trabajos anteriores (Arena, 2010). También por ser la forma mas utilizada en las aberturas de similares prestaciones, el consumo energético de estos procesos es obtenido de datos bibliográficos.

La energía de la producción del sellador será despreciada por su bajo impacto y también de los herrajes, por ser iguales a los demás casos con los que quiere realizarse la comparación.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. En la primera etapa se encuentran los consumos energéticos derivados de la obtención del PE y PET. En el primer caso los datos surgen del análisis del proceso de reciclado en sus tres etapas, triturado del film plástico de silobolsas, secado posterior y extruido y pelletizado del material final. Los costos energéticos en las Tablas 1 y 2 respectivamente.

De esta forma podemos determinar que CAE de producción (CAE p) que tiene el material reciclado, en todo ese proceso.

**Tabla 1.** Consumo energético primera línea de producción de PE

Maquinaria	Nº	Potencia (Hp)	Consumo (kWh)	Función
Molino	1	100	75	Triturado de films
Decantador de paletas	2	2	2	Limpieza con agua del triturado
Decantador	3	2	2	
Chimango	4	5	4	Forzado de la circulación
Centrifuga 1	5	20	15	Secado
Centrifuga 2	6	20	15	Secado
Turbina 1	7	10	8	Circulación de aire
Turbina 2	8	10	8	Circulación de aire
Turbina 3	9	10	8	Circulación de aire
Resistencias	10	-	24	Calentamiento de aire
Agrumadora	11	75	56	Secado final
Turbina	12	3	2	Circulación de aire
<b>Total</b>		<b>257</b>	<b>193</b>	

**Tabla 2.** Consumo energético segunda línea de producción de PE

Maquinaria	Nº	Potencia (Hp)	Consumo (kWh)	Función
Extrusora	1	60	45	Fusión del molido
Resistencias	2	-	27	Calentamiento
Forzador	3	3	2	Forzado de la circulación
Central hidráulica	4	-	-	Acumulación de agua
Bomba de agua	5	2	2	Circulación de agua
Pelletizador	6	5	4	Cortado de pellets
<b>Total</b>		<b>70</b>	<b>67</b>	

El PE de “Silobolsa” es un producto de uso agrícola, este material proviene de las zonas rurales de un radio de hasta 250 km de la planta de procesado, por esto es esencial la inclusión del costo en transporte en el análisis. Tomando que el recorrido promedio es de 150 km, en camiones de carga de hasta 20 toneladas y con perfiles de consumo de combustible de los modelos de camiones más utilizados, según datos de Argentina<sup>3</sup>. El consumo debido al transporte puede calcularse en 48 l de combustible diesel en promedio. Entonces el costo energético aplicable a 1 Kg del material es el de 0.0024 l, por lo que el CAE en toda la obtención del material, corresponde a la siguiente expresión:

$$CAE (PE) = 0.0024l/kg * 38.43 MJ/l + CAE p = 0.092MJ + 0.935Kwh$$

<sup>3</sup> Informe extraído del Sistema de Información Online del Mercado Automotor Argentino de 2018: <http://www.siomaa.com/InformeSector/Reportes>

Los valores en MJ del gasto de combustible, son valores directos. Sin embargo el gasto energético en kWh deberá transformarse en el costo en MJ del combustible en las turbinas de generación utilizadas para su producción, la cuales afecta un valor de eficiencia. Esto será determinado mas adelante.

De la misma forma que con el PE, para la obtención del costo energético del PET se tomaron los datos de consumo de la maquinaria utilizada en su molienda. En este caso el proceso de molienda en dos pasos, requiere del consumo de dos molinos de 7.46 Kw/h para obtener 30 Kg del material en molienda gruesa y 20 Kg en una segunda molienda fina de 3 mm posterior.

El costo energético total que se obtiene además deberá incorporar un agregado de transporte menor, de un radio de 10 Km para con lo cual el resultado final es el siguiente:

$$CAE (PET) = 0.00032l/kg * 38.43Mj + CAE p = 0.0123Mj + 0.633Kwh$$

4.2. En la segunda etapa deberá sumarse lo obtenido de la extrusión de los perfiles que, como fue explicitado anteriormente, corresponde al consumo de nueve resistencias eléctricas en una primera etapa de precalentamiento de 0.5 hs para una serie de 8 perfiles y luego el consumo de las mismas, mas el del motor propulsor de la extrusión durante el proceso de moldeado. Estas dos etapas representan los tiempos y consumos reflejados en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Consumo energético extrusión de perfilería plástica por pieza

Maquinaria	Nº	Tiempo (h)	Consumo (kW)	Consumo (kWh)	Función
Resistencias	1	0,063	5,4	0,34	Precalentamiento
Motor	2	0,075	2,2	0,16	Extrusión
Resistencias	3	0,075	5,4	0,40	Calentamiento en extrusión
Total				0.90	

De esta manera entonces impactará en el CAE, con lo analizado hasta aquí, la cantidad de material PET y PE utilizado, según los valores de la etapa anterior para 1,9 Kg de PET y 1,1 de PE. Agregando el proporcional de los consumos derivados de esta segunda etapa, aplicable en ambos casos, a cada pieza de 1,5 m lineales de producción.

El total del valor de CAE por metro lineal se obtiene de la energía del combustible utilizado y, en el caso de la energía eléctrica, de multiplicar el valor obtenido por un coeficiente de eficiencia. Es sabido que, según los sistemas de producción de la energía, producir un kWh en la red puede demandar distintos valores, siempre mayores, en energía primaria.

El cálculo de estos valores, impactados por un coeficiente promedio para nuestro país, se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Consumo energético acumulado de perfilería plástica para ventana prototipo

Origen	Cantidad (kg)	Coeficiente de eficiencia	Consumo (kWh)	Consumo (Mj)	E primaria (Mj)
Producción PE	1,1	0,3839	0,935		9,6446
Producción PET	1,9	0,3839	0,633		11,2782
Transporte PE	1,1	1,0		0,1012	0,1012
Transporte PET	1,9	1,0		0,0234	0,0234
Total CAE PERFILERÍA (m)					21,0474

De esta manera obtenemos un valor final de CAE (m) según los metros lineales de perfilería producidos. Lo cual dependerá del modelo de abertura fabricado.

Tomando las medidas de ventana prototipo, podemos calcular por su perímetro los metros lineales de perfilería a utilizar. El diseño del prototipo corresponde al modelo para viviendas más utilizado en el mercado, comparable a otros casos de la bibliografía, ver Figura 4.

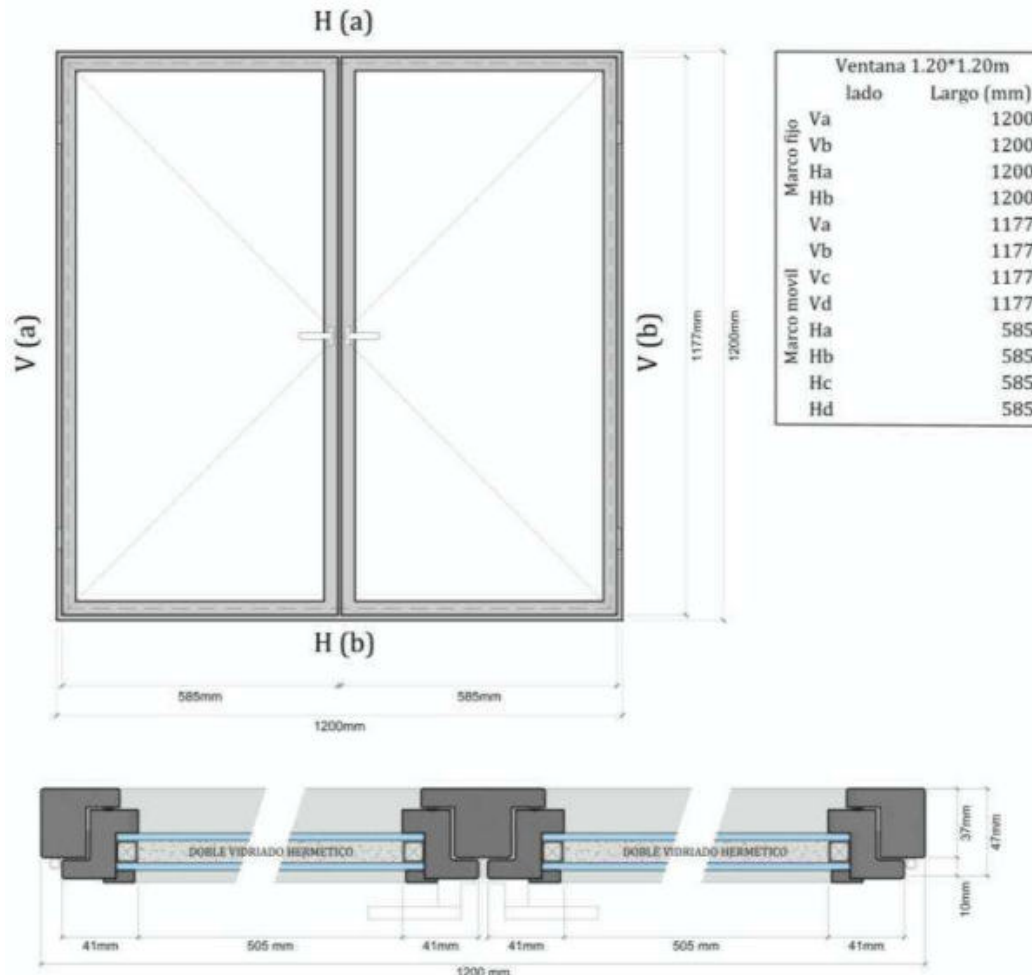


Figura 4. Unidad funcional componente de ventana

De esta forma la segunda etapa totaliza, para obtener los perfiles para la producción de la ventana y según los metros necesarios para esta, como sigue:

$$CAE = 21,05 \text{ Mj/m} * 11.85\text{m} = 249,44 \text{ Mj}$$

4.3. En la última etapa entonces solo resta agregar los valores de consumo energético que surgen de las máquinas eléctricas utilizadas para el corte e ingletado, además de la fusión térmica de las uniones entre perfiles también de consumo eléctrico. Se sumará el valor de producción del vidrio y fabricación del DVH.

Los consumos de las maquinarias utilizadas para estas funciones y los tiempos requeridos en las uniones de la abertura, resultan en un total de energía primaria de 5,16 Mj para todo el componente. Y el valor utilizado de costo energético de la producción del vidrio y fabricación del DVH corresponde al analizado por Arena (2010) en donde para una unidad funcional igual a la del presente análisis se obtuvo un valor general de 205,48 Mj.

Así es que arribamos finalmente a un valor total de producción de la unidad funcional completa de CAE = 460,08 Mj. Este valor incluye la producción completa de la abertura desde la obtención del material reciclado, hasta su finalización para ser instalada.

Comparativamente a otros componentes similares, podemos mostrar que el valor obtenido es relativamente menor al de ventanas de madera. En ese caso según analizó Llorente (Llorente Diaz, 2011) el valor total para una unidad funcional como la estudiada es:

$$CAE = 606,12Mj + 1854,43Mj = 2460,55Mj$$

Es un valor un 31% mayor al obtenido para los perfiles plásticos. De todas formas, en este total no han sido incluidos los valores necesarios durante el Uso y mantenimiento, que corresponden a un 89% de todo el proceso en el caso de la madera. Esto inclinaría el análisis hacia los perfiles plásticos de mantenimiento muy bajo, ver en Figura 5.

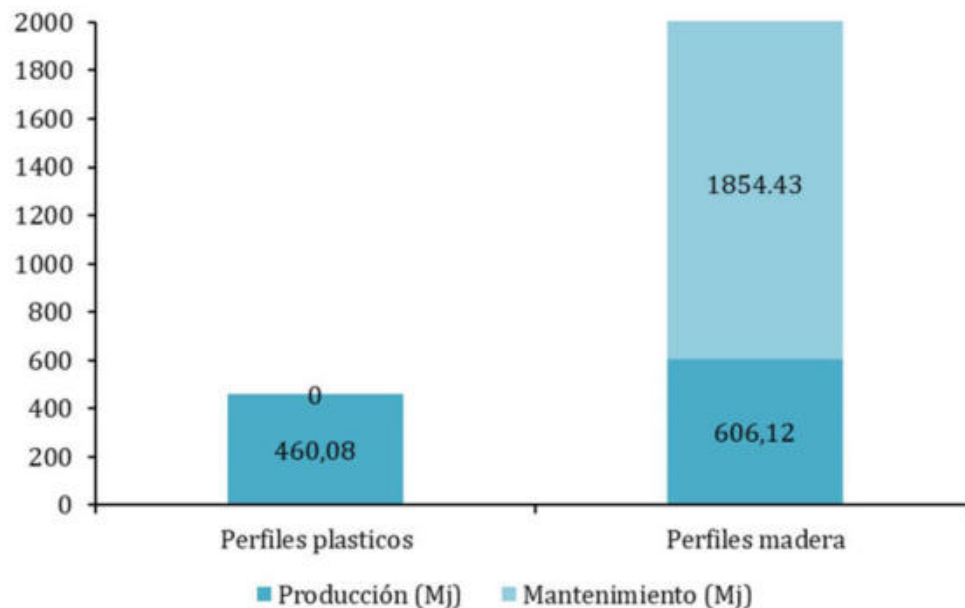


Figura 5. Comparación de CAE con ventanas de madera

Este valor de CAE de fabricación de ventanas de madera, que podría tomarse como una referencia aproximada a nuestro caso, deviene del gasto energético eléctrico de la producción y la conversión a energía eléctrica del combustible fósil utilizado. La diferencia radica en que este último, tiene un gran impacto en las primeras etapas de aserrado de la madera, mientras que en nuestro proceso solo impacta en el transporte de los residuos en su reciclado de los centros de acopio a la planta de producción.

También debe considerarse que en el caso de ventanas de madera una gran ventaja ambiental radica en la categoría de producción de CO<sub>2</sub>, que resulta en valores negativos de emisiones. Esto debido a que la fabricación, no llega a igualar la absorción de CO<sub>2</sub> que realizan las especies plantadas durante su desarrollo. En el caso de los polímeros, esta ventaja no existe.

El ensayo de envejecimiento acelerado de los perfiles por acción de los rayos ultravioleta aun no ha sido realizado. Tampoco se incorpora en el análisis el gasto de calefacción y refrigeración del ambiente, debido a la conducción de temperatura a través de la ventana.

Los resultados de este ensayo serán determinantes para establecer si es necesaria la incorporación de aditivos, o el recubrimiento con pinturas, para aumentar la resistencia a la intemperie de estos componentes. Así como también si el coeficiente K de la ventana implica un gasto mayor en energía de acondicionamiento climático del ambiente u otros gastos de mantenimiento de la unidad, que deberán ser incluidos en este análisis.



## 5. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado un primer cálculo del consumo acumulado de energía de una ventana innovadora elaborada con plásticos reciclados, que brinda valores interesantes de conductividad térmica.

El Análisis de Ciclo de Vida limitado a la fase de fabricación (de la cuna a la puerta) arroja valores considerablemente inferiores a los de una ventana similar construida en madera. Debido a la no inclusión la etapa de Uso y mantenimiento, parecen valores muy prometedores, ya que se espera obtener mejores resultados en un futuro análisis, debido al bajo mantenimiento de los perfiles plásticos.

Tratándose de un prototipo, es esperable un amplio margen de mejora por economías de escala en caso de pasar a una etapa comercial. Aplicando también procesos productivos de mayor eficiencia en las etapas de mayor costo energético, molienda de los desechos y extrusión de piezas.

Por otra parte, ampliando los límites hasta incluir la fase de uso y la vida útil de ambas, las ventajas de una ventana de plástico que no requiere mantenimiento se harían evidentes.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arena, A. P. (2010). *Análisis del Ciclo de Vida del Edificio y Sustentabilidad Ambiental de los Edificios. Experiencias en Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina, 1–27.*
- Chandra, S., Aavik, J., & Berntsson, L. (1982). *Influence of polymer microparticles on freeze-thaw resistance of structural lightweight aggregate concrete. International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 4(2), 111–115. [https://doi.org/10.1016/0262-5075\(82\)90015-X](https://doi.org/10.1016/0262-5075(82)90015-X)*
- Itim, B., & Philip, M. (2015). *Effect of multiple extrusions and influence of PP contamination on the thermal characteristics of bottle grade recycled PET. Polymer Degradation and Stability, 117, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2015.04.004>*
- Laria Gonzalez, J., Positieri, J. M., Gaggino, R., Kreiker, J., & Peisino, L. E. (2018). *Perfiles de plástico reciclado para aberturas. In U. Facultad de Arquitectura (Ed.), Creta X (p. 11). La Plata.*
- Laria, J. G., Sulaiman, H., Gaggino, R., Kreiker, J., & Positieri, J. M. (2018). *Conductividad y transmitancia termica de perfiles para aberturas de plastico reciclado. In ASADES 2018 (p. 52).*
- Llorente Diaz, M. I. (2011). *Analisis del ciclo de vida de ventanas de madera. Universidad Politecnica de Madrid. Retrieved from [http://oa.upm.es/10912/1/Analisis del ciclo de vida de la ventana de madera](http://oa.upm.es/10912/1/Analisis%20del%20ciclo%20de%20vida%20de%20la%20ventana%20de%20madera)*
- Navarro, R., Ferrándiz, S., López, J., & Seguí, V. J. (2008). *The influence of polyethylene in the mechanical recycling of polyethylene terephthalate. Journal of Materials Processing Technology, 195(1–3), 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.04.126>*
- Shakouri, M., & Banihashemi, S. (2016). *Data in support of energy performance of double-glazed windows. Data in Brief, 7, 1139–1142. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2016.03.094>*
- Siddique, R., Khatib, J., & Kaur, I. (2008). *Use of recycled plastic in concrete: A review. Waste Management, 28(10), 1835–1852. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.09.011>*
- Weir, G., Muneer, T., Tobergte, D., & Curtis, S. (2016). *Energy and environmental impact analysis of double-glazed windows. Energy Conversion and Management, 39(s 3–4), 243–256. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(96\)00191-4](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(96)00191-4)*
- Won, J. P., Jang, C. II, Lee, S. W., Lee, S. J., & Kim, H. Y. (2010). *Long-term performance of recycled PET fibre-reinforced cement composites. Construction and Building Materials, 24(5), 660–665. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.11.003>*



## ENTREPISOS DE DLT - OPORTUNIDADES DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL 100% DE MADERA REGLAMENTADO EN ARGENTINA

Roberto Batalla (*is\_robert@hotmail.com*)

Universidad Nacional de Formosa, Facultad de Recursos Naturales  
(UNaF-FRN) - Arg.

**Palabras clave:** madera, DLT, Brettstapel, CIRSOC, entrepiso

*Los paneles de Madera Laminada con Espigas, mejor conocidos como DLT (por sus siglas en inglés: Dowel Laminated Timber), son uno de los más novedosos Productos de Madera de Ingeniería o EWP (Engineered Wood Products) que pueden ser utilizados como elementos estructurales en techos, entrepisos y muros. Estos paneles sólidos de madera usan espigas de madera dura para unir, por fricción, tablas previamente fresadas en sus bordes, creándose así un panel que es particularmente eficiente para luces horizontales, y que permite mucha flexibilidad arquitectónica.*

*En Argentina, la aprobación y puesta en vigencia legal en todo el país del primer Reglamento Argentino de Estructuras de Madera - CIRSOC 601, en noviembre de 2016, finalmente nos permite contar con una regulación nacional para las estructuras hechas con dicho material.*

*En este trabajo, a modo de introducción, se exponen las ventajas de la madera como material de construcción renovable y sustentable, frente a los materiales convencionales no renovables (hormigón armado y acero); para brindar posteriormente, de manera detallada, una descripción de los paneles de DLT, su proceso constructivo y las aplicaciones en la industria de la construcción.*

*Finalmente, se describe la metodología de diseño estructural de un panel de DLT en base al Reglamento CIRSOC 601-2016, para usarlo como entrepiso de madera; incluyendo un ejemplo numérico para una mejor apreciación. Demostrada la metodología, se propone una guía de diseño como herramienta que facilite su dimensionamiento; sirviendo la misma como estrategia de fomento de su uso.*

### 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha estado impulsando el uso de la madera en la construcción, resaltando sus bondades como material sustentable y renovable (a diferencia del acero o el hormigón). Así, sistemas constructivos, como los de Mass Timber (madera masiva o maciza) y edificios en madera cada vez más altos, continúan avanzando en todo el mundo.

Argentina tampoco escapa a esta tendencia internacional, a pesar de no tener una tradición en la construcción con madera, por lo que podemos destacar algunas medidas que en los últimos años se han llevado a cabo para promocionar su uso en la construcción, como ser:

La redacción del primer Reglamento Argentino para Estructuras de Madera, Reglamento CIRSOC 601; trabajo iniciado en 2011 y finalizado en 2013, posteriormente ampliado en 2015; y cuya aprobación y puesta en vigencia legal se llevó a cabo en noviembre de 2016.

La promoción del sistema constructivo de entramados ligeros de madera, el cual obtuvo un CAT (Certificado de Aptitud Técnica) como “Vivienda Sustentable de Alta Prestación”, en 2013, para luego incorporarse en 2015, como un modelo financiable en el Programa Crédito Argentino (PROCREAR) del Gobierno Nacional, y finalmente, en enero de 2018, pasar a considerarse “Sistema Constructivo Tradicional”, según Resolución 3-E/2018 de la Secretaría de Vivienda y Hábitat de la Nación.

La firma del Convenio Marco, en septiembre de 2017, entre autoridades nacionales y representantes del sector forestoindustrial, estableciéndose que el 10% de las viviendas construidas con fondos estatales deberán ser realizadas en madera. El mismo incluye también, fondos para capacitación del sector, créditos blandos, y promoción de las construcciones con madera.

Por ello, en este trabajo se pretende brindar una propuesta de pre-dimensionamiento de entresijos materializados con paneles de Madera Laminada con Espigas –mejor conocidos como Brettstapel o DLT (Dowel Laminated Timber) – en base al Reglamento CIRSOC 601-2016 (en adelante CIRSOC 601); con la convicción de que los mismos pueden ser fácilmente contruidos a pequeña o gran escala industrial.

Así, la intención es aportar una herramienta que facilite diseñar entresijos de edificios con estructuras de madera; en una manera similar al modo en el que actualmente se diseñan los entresijos de viguetas pretensadas de hormigón; muy comunes en las obras de la región.

## 2. LA MADERA COMO MATERIAL SUSTENTABLE

A diferencia del acero o el cemento, la madera puede ser considerada un material disponible indefinidamente, si la misma procede de prácticas de aprovechamiento y gestión forestal sustentables (bosques certificados), evitándose una tala indiscriminada. Esto le brinda su condición de renovable; un rol fundamental en la construcción sustentable.

A esto se debe sumar su característica única de poseer una huella de carbono negativa, es decir, que su uso ayuda a reducir el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera, contribuyendo así a una reducción del efecto invernadero. Esto se debe a que, por un lado, los árboles absorben CO<sub>2</sub> del aire, por medio del proceso de fotosíntesis; y, por otro lado, la transformación de la madera en un producto de uso en la construcción (vigas, columnas, etc.) se realiza con medios mecánicos, donde el consumo de energía es menor que en la producción de cemento o acero, que necesitan hacer uso de grandes hornos de fundición. En la tabla 1 se presentan datos comparativos para los materiales de construcción más comunes.

**Tabla 1.** Energía consumida y CO<sub>2</sub> emitido y almacenado en la fabricación de materiales para la construcción (Argüelles; 2013).

Material	Energía consumida	CO <sub>2</sub> emitido	CO <sub>2</sub> almacenado
	MJ/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Madera aserrada	750	15	250
Acero	266.000	5.230	0
Hormigón	4.800	120	0
Aluminio	1.100.000	2.200	0

## 3. LOS PANELES DE DLT O MADERA LAMINADA CON ESPIGAS

Los paneles de DLT pertenecen a los productos denominadas como Mass Timber; lo cuales son elementos sólidos bidimensionales. Esta característica de monolitismo diferencia a los mismos de los paneles de entramados livianos de madera (Light Frame). Los mismos pueden ser utilizados como elementos estructurales en muros, techos y entresijos (figura 1).

Los paneles de DLT, a diferencia del CLT (Cross Laminated Timber) o el NLT (Nail Laminated Timber), son productos 100% de madera dentro de los denominados Mass Timber, puesto que no involucran el uso de adhesivos ni de clavos en su constitución. La

ausencia de clavos los vuelve más fáciles de trabajar que al NLT, y también resultan más económico y naturales que el CLT (StructureCraft; 2017).

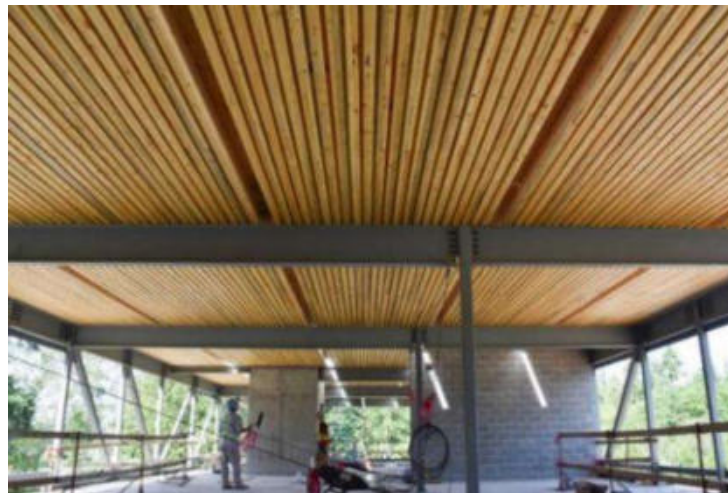


Figura 1. Paneles de DLT utilizados como entrepiso.

El DLT tiene la particularidad de que, en la superficie inferior del panel se puede integrar una amplia variedad de perfiles transversales (figura 2), sin un aumento en el costo de producción. Cada panel pasa a través de una moldeadora, permitiendo una amplia gama de perfiles en la parte inferior del mismo, incluyendo perfiles acústicos de alta performance, que utilizan aislamiento de fibra de madera para absorber el sonido. Esto aporta una variedad de estilos arquitectónicos y de diseño para cada proyecto, característica que no pueden aportar otros sistemas, como el CLT

Los mismos también pueden ser fácilmente procesados usando máquinas de CNC (Control Numérico Computarizado), creando así, paneles que puede contener de manera pre integrada materiales acústicos, o bien conductos para instalaciones eléctricas y otras instalaciones de servicios. Esto puede apreciarse en la figura 3.

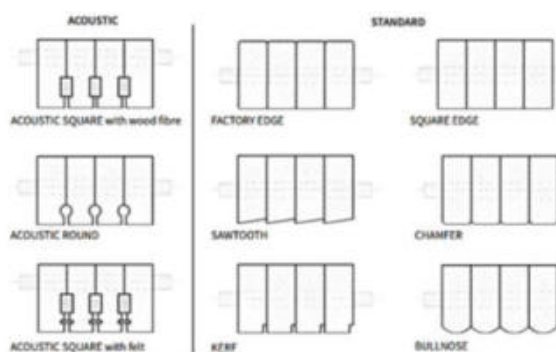


Figura 2. Versatilidad del DLT: Paneles con una variedad de perfiles transversales (StructureCraft, 2017).

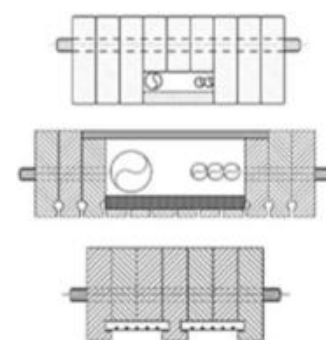


Figura 3. Paneles con espacios para las instalaciones (StructureCraft, 2017).

### 3.1. Origen del DLT

El concepto de utilizar espigas de madera dura para conectar juntas de madera blanda se concibió en Suiza en los años 90 (StructureCraft; 2017). Primeramente, Julius Natterer encabezó el resurgimiento de los paneles de Madera Laminada Clavada (o NLT “Nail Laminated Timber”) en Europa en los años 70 y 80, puesto que creía que este podía ser un eficiente método de construcción para ser usado en edificaciones, con bajas emisiones de dióxido de carbono y saludables, que sean rápidos y fáciles de construir. Sin embargo, los clavos dentro del NLT hacían imposible el mecanizado en CNC de estos paneles, por lo que la fabricación a mano fue laboriosa.

A principios de la década de los 90, el DLT fue desarrollado por una empresa suiza. Ellos vieron que era posible crear un producto que fuese similar al NLT, pero superior en todos los sentidos: con el DLT únicamente usarían madera, sería factible de producirse con máquinas de CNC, y la producción sería posible de manera automatizada. Entonces procedieron a desarrollar y crear la primera línea de maquinaria automatizada para DLT.

Si bien la fabricación puede realizarse de manera manual y con herramientas simples, hoy día son varias las compañías en Alemania, Austria, Suiza y Norteamérica las que adoptaron esta idea y comenzaron a fabricar DLT de manera comercial, utilizando sistemas automatizados para perforar e insertar los pasadores.

### **3.2. Proceso de manufactura**

Las tablas de madera deben ser secadas a una humedad lo más cercana a la humedad de equilibrio higroscópico, entre un 14 y un 18% aproximadamente, en función del destino de la pieza. Cada una es llevada a través de una moldeadora, asegurándose el espesor exacto de las mismas y aplicando las diferentes opciones de perfiles que se quieran lograr en la parte inferior del panel. Las espigas, en tanto, se fabrican con madera dura, con diámetros variables de entre 12 y 25 mm (Plowas; 2015), y secadas a una humedad de entre el 6% y el 8% (StructureCraft; 2017).

Luego las tablas son colocadas en una prensa, donde se aplican presiones horizontales y verticales para asegurarse de obtener un panel completamente plano y eliminar los espacios entre tablas. Se realizan las perforaciones y se introducen las espigas, por medio de presión hidráulica en los casos industrializados, o golpeándolos con un mazo en fabricaciones más artesanales.

A medida que las espigas van alcanzando la humedad de equilibrio con las tablas que las rodean, se expanden creando una hermética fricción entre los dos materiales.

### **3.3. Futuro de DLT: Proyecto AFTB**

Con el fin de reducir al máximo las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y reducir el impacto de la industria de la construcción sobre el efecto invernadero, en Europa no solo se está promoviendo el uso de la madera -único material con huella de carbono negativa- por sobre el acero y el hormigón, sino que, además se están investigando, desarrollando y promoviendo sistemas constructivos que usen el mayor porcentaje posible de madera y que posean una mayor simplicidad constructiva respecto a los sistemas tradicionales.

Es así que, en 2016 se inició un proyecto denominado Towards Adhesive Free Timber Buildings (AFTB – “Hacia Edificios de Madera Libres de Adhesivos”), el cual está financiado por la Interreg North-West Europe, una institución de la Unión Europea (UE); en el que participan universidades de seis países de la UE (Alemania, Bélgica, Francia, Irlanda, Luxemburgo y Reino Unido), coordinadas por la Universidad de Liverpool, y se prevé su finalización para el año 2020.

Este proyecto tiene como finalidad desarrollar y mejorar sistemas constructivos en madera que sean más amigables con el medioambiente, sustituyendo a las conexiones metálicas y a los adhesivos en los productos de madera para ingeniería (por ejemplo, en los paneles de CLT) por elementos de madera. El proyecto AFTB ayudará a las empresas a adoptar la nueva tecnología y producir una gama de productos de madera para ingeniería sin adhesivos. Esto tendrá beneficios adicionales que conducirán a una ventaja competitiva, crecimiento económico y empleos sostenibles. La nueva tecnología también contribuirá a la gestión sostenible de los bosques y los medios de vida rurales conectados, agregando valor a la madera de baja calidad disponible localmente.



Es aquí donde el DLT toma gran protagonismo, puesto que cumplen con los requisitos principales del proyecto: es un producto libre de adhesivos y posee una relativa facilidad de fabricación y construcción. En el proyecto AFTB, incluso se está trabajando en la sustitución de las espigas de madera dura (generalmente de madera de Haya, de crecimiento lento), por espigas de madera blanda comprimida, proveniente de especies de rápido crecimiento, con el fin de hacerlos aún más sustentables. El DLT posee, además, muchas otras ventajas que incluyen la facilidad de recuperar, reusar y reciclar los paneles, una mejor resistencia al fuego de los elementos estructurales ya que las espigas -medios de unión- quedan ocultas dentro de las tablas de madera, y una estanqueidad mejorada de las articulaciones, producto de la expansión de las espigas (Guan; 2018).

La tendencia al uso de sistemas constructivos más sustentables y sostenibles apunta al uso del DLT como principal protagonista, y a la mejora de sus técnicas de fabricación.

### 3.4. Comportamiento estructural de los entrepisos de paneles de DLT

Si bien los estudios sobre el comportamiento estructural del DLT no son muchos, se ha demostrado que es estructuralmente más eficiente que el CLT para entrepisos y muros armados “en una dirección” (Smith, 2013), debido a que en estos casos todas las fibras están orientadas en la misma dirección en el DLT (figura 4); mientras que no es tan flexible como el CLT para tramos considerados “en dos direcciones” (StructureCraft, 2017), aunque aun así es más barato de fabricar y más fácil. Por tal motivo, en este trabajo se analizarán únicamente los paneles de DLT armados “en una dirección”.

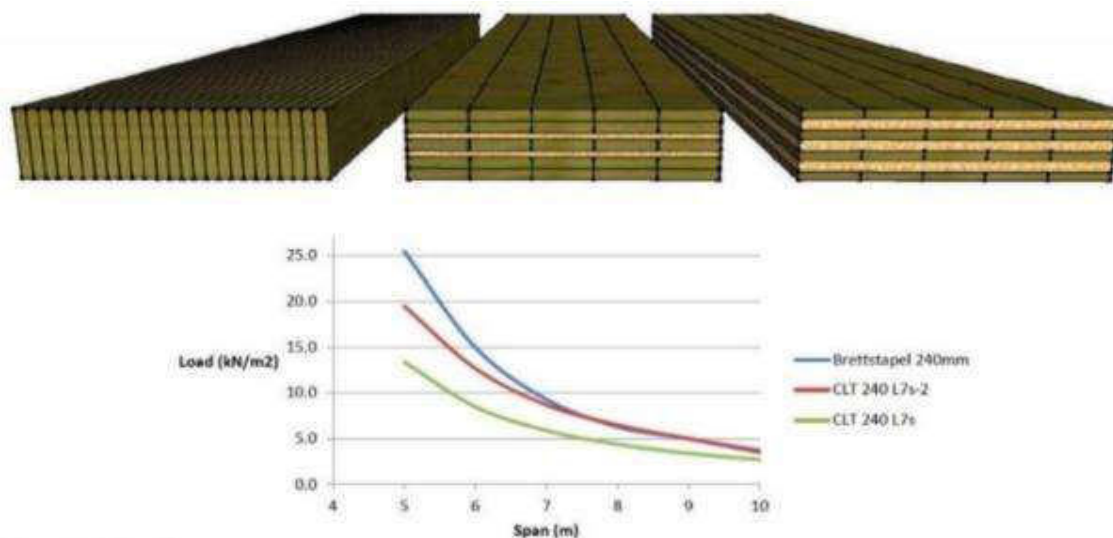


Figura 4. Carga admisible en un panel de DLT armados en una dirección versus dos tipologías de paneles de CLT del mismo espesor (Smith and Wallwork Engineers, 2013).

Con dicha acotación, entonces, un entrepiso de DLT es un sistema que se extiende en una dirección para resistir la carga fuera del plano. Aunque su naturaleza monolítica lo cataloga dentro de los sistemas de Mass Timber, el mismo se puede conceptualizar estructuralmente como un sistema de viguetas de madera dimensionada a flexión, espaciadas entre sí en el ancho de viguetas.

Como bien es sabido, dada la alta relación resistencia/peso de la madera, los requisitos de capacidad de servicio, tales como deflexiones y vibraciones, a menudo rigen el diseño de los elementos de madera sometidos a flexión (Belvisi Irigoyen, 1998).

## 4. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LOS ENTREPISOS DE DLT

El CIRSOC 601 define las disposiciones generales y los métodos a emplear en el diseño de las estructuras con madera para edificaciones; considerando los requisitos relacionados con

el comportamiento mecánico y durabilidad de las estructuras; sin tener en cuenta los aspectos relacionados al aislamiento térmico y acústico, ni la resistencia al fuego.

El formato adoptado para el diseño estructural es el de “tensiones admisibles”. Esto significa que las combinaciones de cargas establecidas en el mismo no deben superar las tensiones admisibles –denominadas “de diseño ajustadas”– obtenidas multiplicando las tensiones de diseño de referencia del material por los factores de ajuste especificados (Piter; 2016).

En base al mismo, y por lo descrito anteriormente, un entrepiso materializado por un panel de DLT “en una dirección” debe diseñarse a flexión, casi como si se tratase de una viga; similar a lo que ocurre con una losa de hormigón armado ( $H^\circ A^\circ$ ) en una dirección. Por lo tanto, deberán tenerse en cuenta las resistencias a la flexión y al corte, así como la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras en la zona de los apoyos, como estados límites de resistencia, y como condición de servicio controlar las deformaciones y las vibraciones; es decir, deben seguirse las especificaciones del Artículo 3.2, correspondiente a “Miembros Flexionados” y el Artículo 3.6, correspondiente a “Tensiones Transmitidas en los Apoyos”.

Así mismo, las tablas que componen los paneles son de madera aserrada, por lo que también se deben seguir las descripciones del Capítulo 4 “Diseño de Miembros Estructurales de Madera Aserrada”, para obtener los valores de las tensiones de diseño ajustadas, en función de los factores de ajuste de las tensiones y módulos de elasticidad de referencia.

#### 4.1. Modelo de estudio

En el presente trabajo, por cuestiones de extensión, se trabajará con entrepisos de DLT armados en una dirección, simplemente apoyados, y conformados por tablas de secciones rectangulares. El procedimiento puede ser extendido a otras configuraciones de apoyos y de secciones transversales de las tablas, de paneles armados en una dirección, sin mayores complicaciones.

Otra simplificación será la de considerar que el entrepiso es interno al edificio y no una azotea; de manera tal que solo actúen cargas permanentes (cargas D) y de uso (cargas L). Con esto, el análisis de las combinaciones de cargas se reduce a un solo caso límite (combinación D+L; Expresión 1.4-1 del CIRSOC 601). En la figura 5 se representa el modelo propuesto. El mismo se estudiará tomando como ancho unitario una franja de un metro (Piter, 2016), similar a como se diseñan las losas de  $H^\circ A^\circ$  “en una dirección”. La adopción de este ancho no es arbitraria, sino que responde a lo siguiente:



Figura 5. Modelo estructural para el diseño.

Para tener un control de las vibraciones del entrepiso, en el Artículo 3.2.3 del CIRSOC 601 se exige la verificación de un valor máximo de la deformación instantánea producida por una carga concentrada de 1 kN, ubicada en el centro del vano, en los miembros flexionados. Esto responde a la necesidad de simular el paso de una persona. Adoptar como “elemento sometido a flexión” a todo el ancho del entrepiso no tendría concordancia con la realidad, puesto que una carga puntual de 1 kN prácticamente no tiene efectos sobre zonas muy alejadas de su punto de aplicación. Por el contrario, suponer que la carga de 1 kN debería actuar sobre cada tabla que conforma el panel tampoco es realista, y exigiría secciones muy grandes para cumplir la exigencia.



Finalmente, considerando que un fabricante trabaja con una cantidad limitada de perfiles (secciones transversales), en este trabajo se consideró que los paneles se conformarían por tablas con las siguientes dimensiones -en milímetros- de secciones transversales “b x h”: 50x100 (2”x4”); 50x150 (2”x6”); 50x200 (2”x8”); 75x150 (3”x6”) y 75x200 (3”x8”).

#### 4.2. Proceso de diseño

El diseño estructural de un entrepiso de madera consiste básicamente en determinar su mínima altura o espesor, para que, dado un análisis de las combinaciones críticas de cargas que actuarán sobre el mismo, este satisfaga las condiciones de resistencia y serviciabilidad, en base a las prescripciones de los Reglamentos. En el caso de que ya se tengan las dimensiones del entrepiso, que será el caso de estudio aquí, el diseño estructural consiste en determinar la carga admisible del mismo.

En base al CIRSOC 601, se deberán verificar un total de siete condiciones de diseño: tres condiciones por resistencia (tensiones) y cuatro condiciones por serviciabilidad (deformaciones y vibraciones).

Requisitos de resistencia, aplicando los Artículos 3.2 y 3.6 del CIRSOC 601: esfuerzo máximo de flexión (Art. 3.2.1), esfuerzo máximo de corte (Art. 3.2.2) y tensión de compresión perpendiculares a la dirección de las fibras (Art. 3.6.2)

Condiciones de servicio, aplicación el Artículo 3.2.3 del CIRSOC 601: control de la deformación instantánea máxima originada por cargas variables; control de la deformación final neta originada por la totalidad de las cargas; verificación de la rigidez del entrepiso a través de asegurar un valor mínimo de su frecuencia natural de vibración, y control de la deformación instantánea producida por una carga concentrada de 1 kN ubicada en el centro del vano.

Se describen a continuación, los requisitos de resistencia que se deberán cumplir:

Esfuerzo máximo de flexión:

$$f_b = \frac{M_x}{S_x} = \frac{3 q l^2}{4 h^2} \leq F'_b \quad (1)$$

$$M_x = \frac{q l^2}{8} b \quad ; \quad S_x = \frac{b \times h^2}{6} \quad ; \quad q = q_D + q_L \quad (2)$$

Siendo:

- $f_b$ : tensión máxima originada por el momento flector. (N/mm<sup>2</sup>)
- $F'_b$ : tensión de diseño en flexión ajustada. (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_x$ : momento flexor máximo para un entrepiso simplemente apoyado. (N·mm)
- $q$ : combinación de carga crítica, según Art. 1.4 del CIRSOC 601. (N/mm<sup>2</sup>)
- $q_D$ : carga permanente, incluido peso propio, por unidad de superficie. (N/mm<sup>2</sup>)
- $q_L$ : sobrecarga de uso por unidad de superficie. (N/mm<sup>2</sup>)
- $S_x$ : módulo resistente a la flexión de la sección transversal. (mm<sup>3</sup>)
- $b$ : ancho considerado (1000 mm) del entrepiso armado en una dirección. (mm)
- $h$ : altura o espesor del entrepiso (mm)
- $l$ : luz de cálculo del entrepiso. (mm)

Esfuerzo máximo de corte:

$$f_v = \frac{(V_x - q h - q a) Q_x}{I_x b} = \frac{3 q (l - 2h - 2a)}{4 h} \leq F'_v \quad (3)$$

$$V_x = \frac{q l}{2} b ; Q_x = \frac{b \times h^2}{8} ; I_x = \frac{b \times h^3}{12} \quad (4)$$

Siendo:

- $f_v$ : tensión máxima originada por el esfuerzo de corte. (N/mm<sup>2</sup>)
- $F'_v$ : tensión de diseño en corte ajustada. (N/mm<sup>2</sup>)
- $V_x$ : esfuerzo cortante máximo para un entrepiso simplemente apoyado. (N)
- $I_x$ : momento de inercia de la sección transversal (mm<sup>4</sup>)
- $Q_x$ : momento estático del área debajo del eje baricéntrico de la sección transversal respecto a dicho eje. (mm<sup>3</sup>)

Tensión de compresión perpendiculares a la dirección de las fibras (Art. 3.6.2)

$$f_{c\perp} = \frac{V_x}{a b} = \frac{q l}{2 a b} \leq F'_{c\perp} \quad (5)$$

Siendo:

- $f_{c\perp}$ : tensión máxima originada por el esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras en los apoyos. (N/mm<sup>2</sup>)
- $F'_{c\perp}$ : tensión de diseño en compresión perpendicular a las fibras ajustada. (N/mm<sup>2</sup>)
- $a$ : ancho de apoyo del entrepiso, en general es la mitad del ancho de la viga de apoyo. (mm)

Los requisitos de servicio serán (Artículo 3.2.3):

Control de la deformación instantánea máxima, originada por cargas variables (cargas L).

$$\Delta_{i(V)} = \frac{5}{384} \frac{q_L l^4}{E' I_x} b \leq l/360 \quad (6)$$

Siendo:

- $\Delta_{i(V)}$ : deformación inicial debido a la sobrecarga de uso. (mm)
- $E'$ : módulo de elasticidad a la flexión ajustada. (N/mm<sup>2</sup>)

Control de la deformación final neta originada por la totalidad de las cargas.

$$\Delta_{fnet(TC)} = K_{cr} \Delta_{i(LD)} + \Delta_{i(CD)} \quad (7)$$

Siendo:

- $\Delta_{fnet(TC)}$ : deformación final neta para la totalidad de las cargas. (mm)
- $\Delta_{i(LD)}$ : deformación instantánea debido a las cargas permanentes y de larga duración. (mm)
- $\Delta_{i(CD)}$ : deformación instantánea producida por las cargas de corta duración. (mm)
- $K_{cr}$ : factor de deformación dependiente del tiempo, cuyo valor para madera aserrada es 1,5.

Control de las vibraciones: Control de la rigidez del entrepiso a través de asegurar un valor mínimo de su frecuencia natural de vibración.

$$f_0 = \frac{\pi}{2 l^2} \sqrt{E' I_x / m_{ua}} \geq 8 \text{ Hz} \quad (8)$$

Siendo:

- $f_0$ : frecuencia natural de vibración del entrepiso. (Hz)
- $m_{ua}$ : masa del entrepiso por unidad de área. (kg/mm<sup>2</sup>)

Control de la deformación instantánea producida por una carga concentrada de 1 kN ubicada en el centro del vano.

$$\Delta_{i(1kN)} = \frac{P l^3}{48 E' I_x} \leq 7,5 / (l_{[m]}^{1,2}) \leq 1,5 \text{ mm} \quad (9)$$

Siendo:

- $\Delta_{i(1kN)}$ : deformación instantánea producida por una carga concentrada de 1 kN ubicada en el centro del vano. (mm)
- $P$ : carga concentrada de 1000 N (1 kN) en el centro del entrepiso. (N)

Partiendo de las siete condiciones detalladas anteriormente, debemos determinar la carga admisible, una vez conocidas todas las restantes variables intervinientes.

Queda, entonces, por determinar las tensiones de diseño y módulo de elasticidad ajustadas, en base a las tensiones de diseño y módulo de elasticidad de referencia. Para determinar las tensiones de diseño en flexión, corte y compresión perpendicular a las fibras ajustadas ( $F'_b$ ,  $F'_v$  y  $F'_{c\perp}$ ) y el módulo de elasticidad ajustado ( $E'$ ), nos basamos en la Tabla 4.3-1 del Capítulo 4 (Diseño de Miembros Estructurales de Madera Aserrada) del CIRSOC 601, la cual nos indica que se determinan de la siguiente manera:

$$F'_b = F_b \times C_D \times C_M \times C_t \times C_L \times C_F \times C_r \quad (11)$$

$$F'_v = F_v \times C_D \times C_M \times C_t \quad (12)$$

$$F'_{c\perp} = F_{c\perp} \times C_D \times C_M \times C_t \quad (13)$$

$$E' = E \times C_M \times C_t \quad (14)$$

Siendo:

- $F_b$ : tensión de diseño en flexión de referencia del material. (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_v$ : tensión de diseño en corte de referencia del material. (N/mm<sup>2</sup>)
- $F_{c\perp}$ : tensión de diseño en compresión perpendicular a las fibras de referencia. (N/mm<sup>2</sup>)
- $E$ : módulo de elasticidad longitudinal de referencia del material. (N/mm<sup>2</sup>)
- $C_D$ : factor de duración de la carga.
- $C_M$ : factor de condición de servicio.
- $C_t$ : factor de temperatura.
- $C_L$ : factor de estabilidad lateral.
- $C_F$ : factor de tamaño.
- $C_r$ : factor de distribución lateral de cargas.

Las variables intervinientes en el diseño estructural del entrepiso, sin considerar a las cargas -incógnitas del problema- se pueden clasificar en tres grupos:

Variables geométricas: las dimensiones que el fabricante adopte para comercializar los paneles. Estas son: sección transversal de las tablas ( $b_0$ ,  $h$ ) y longitud de los paneles ( $l$ ).

Propiedades mecánicas del material: también definidas por el fabricante, al seleccionar la especie maderera -y su grado de resistencia- con la que trabajará. Las tensiones de diseño y módulo de elasticidad de referencia del material ( $F_b$ ,  $F_v$ ,  $F_{c\perp}$  y  $E$ ) se obtienen de los Suplementos del CIRSOC 601, según la especie maderera.

Factores reglamentarios: los valores de los factores de ajustes ( $C_D$ ,  $C_M$ ,  $C_t$ ,  $C_L$ ,  $C_F$  y  $C_r$ ), obtenidos siguiendo el Artículo 4.3. Se describen, a continuación, los valores de cada factor, para entresijos de DLT utilizado en edificios protegidos de la intemperie (estado seco):

Factor de duración de la carga,  $C_D$ : según Tabla 4.3-2 del Reglamento. En este caso, el entresijo solo estará soportando cargas permanentes ( $q_D$ ) y la sobrecarga de uso ( $q_L$ ); por lo tanto, se adopta como  $C_D = 1,0$ .

Factor de condición de servicio,  $C_M$ : según la Tabla 4.3-3. Considerando que se trabajará en un estado seco, el factor de condición de servicio toma el valor  $C_M = 1,00$ .

Factor de temperatura,  $C_t$ : la Tabla 4.3-4 nos indica los valores a adoptar. En este caso se considera que el ambiente es interior, con temperaturas  $T \leq 40^\circ C$ , por lo tanto  $C_t = 1,00$ .

Factor de estabilidad lateral de la viga,  $C_L$ : por sus características constructivas, las tablas del panel están impedidas de pandear lateralmente, por lo tanto,  $C_L = 1,00$ .

Factor de tamaño,  $C_F$ : Se determina con la siguiente expresión:

$$C_F = \left(\frac{150}{h}\right)^{0,2} \leq 1,3 \quad (15)$$

Siendo:

- $h$ : la altura o espesor de la sección del panel sometido a flexión. (mm)

Factor de distribución lateral de cargas,  $C_r$ : las tablas del panel poseen las mismas dimensiones, y además se encuentran conectadas lateralmente por medio de las espigas, entonces se cumple la condición para adoptar como valor,  $C_r = 1,10$ .

Finalmente, entonces, es posible determinar la carga admisible.

De los tres requisitos de resistencia –expresiones (1), (3) y (5) –, podemos despejar, en cada caso, valores de la carga admisible total ( $q = q_D + q_L$ ).

Del cuarto requisito, de deformación instantánea máxima para cargas variables, se determina la sobrecarga de uso máxima ( $q_L$ ).

Del control de la deformación final, se puede obtener una carga admisible total ( $q = q_D + q_L$ ).

De la condición de valor mínimo de la frecuencia natural de vibración del entresijo, se despeja la masa del entresijo, lo que es en definitiva la carga permanente ( $q_D$ ) del entresijo.

La última condición, de deformación instantánea para una carga puntual de 1 kN, solo verifica la relación longitud/altura del entresijo, puesto que no intervienen las cargas  $q$  en la ecuación. Es decir, se verifica que el espesor adoptado para el entresijo cumpla un valor mínimo.

Es posible realizar una planilla de cálculo en la cual, ingresando estos tres grupos de variables (variables geométricas, propiedades mecánicas del material y factores de ajuste reglamentarios), pueda determinarse automáticamente la carga admisible.

## 5. RESULTADOS

El diseño de los entresijos de DLT, en la mayoría de los casos, queda condicionado por la deformación final; excepto para los casos de secciones grandes y luces cortas, donde rige el dimensionado por esfuerzo cortante. En la figura 7 se presenta una propuesta de tabla de predimensionado de entresijos de DLT. En el mismo se aclaran la especie maderera y su grado de resistencia, el tipo de apoyo, y los valores de carga admisible total, para diferentes combinaciones de secciones transversales y longitudes de tablas.

ENTREPISO DE DLT – MADERA LAMINADA CON ESPIGAS								
CARGA DISTRIBUIDA ADMISIBLE ( $kN/m^2$ )								
ESQUEMA ESTRUCTURAL: Simplemente apoyado					ESPECIE MADERERA: Eucalyptus grandis			
					RESISTENCIA: Grado 2			
Sección (mm)	Longitud del panel "l" (m)							
	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	6,00
50 × 100	22,39	11,11	6,30	3,91	2,59	1,80	1,31	0,75
50 × 150	75,58	37,50	21,26	13,19	8,74	6,09	4,41	2,52
75 × 150	75,58	37,50	21,26	13,19	8,74	6,09	4,41	2,52
50 × 200	112,28	72,12	49,39	31,26	20,72	14,43	10,44	5,98
75 × 200	112,28	72,12	49,39	31,26	20,72	14,43	10,44	5,98

Figura 7. Propuesta de Tabla de diseño de entresijos de DLT.

## 6. CONCLUSIONES

Los paneles de DLT son hechos en un 100% de madera y poseen una relativa facilidad de fabricación, constituyendo así, un sistema estructural factible de utilizar en entresijos; con un fuerte componente de sustentabilidad y sostenibilidad, que aporta a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, con una mejor performance que el CLT, que es hoy día el sistema de Mass Timber más difundido. Además, el CIRSOC 601 nos permite su diseño estructural sin grandes complicaciones, a pesar de la cantidad de factores que intervienen. Estas características, sumadas a la abundancia de bosques implantados que tenemos en el país, favorecen las condiciones para su fabricación y utilización en la Argentina.

En cuanto a la confección de tablas de predimensionado, estas deben indicar la especie maderera y grado de resistencia, y los tipos de carga que se consideran actuando, ya que la duración de las mismas afecta considerablemente a las tensiones de diseño.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüelles Álvarez, R; Arriaga Martitegui, F.; Herrero, M.E.; Gonzalez, G. I.; Argüelles Bustillo, R. (2013). *Estructuras de madera – bases de cálculo*. Editorial AITIM – Asociación de Investigación de las Industrias de la Madera. Madrid, España. Capítulo 1. Introducción.
- Belvisi Irigoyen, D.S.; Blanc, P.F.; Calvo C.F.; Cotrina A.D.; Cuffré A.G.; Larocca F.D.; Piter, J.C.; Torrán, E.A.; Villalba, D.I. (1998). *Diseño en flexión según el Eurocódigo 5 Parte 1-1*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay.
- Bradley, D. (2018) *Towards adhesive free timber buildings: an international research collaboration*. TRADA – The Timber Research and Development Association. Disponible en: <https://www.trada.co.uk>
- Guan, Z; Sotayo, A; Oudjene, M; El Houjeyri, I.; Harte, A. M.; Mehra, S; Haller, P; Namari, S; Makradi, A; Belouettar, S; Deneufbourg, F. (2018) *Development of adhesive free engineered wood*

- products – Towards adhesive free timber buildings. 2018 World Conference on Timber Engineering – WCTE 2018, Seúl, República de Corea.*
- Holt, R; Luthi, T; Dickof, C. (2017). *Nail-laminated timber: U.S. design & construction guide v1.0. Binational Softwood Lumber Council. Chapter 4: Structure. Disponible en <https://www.thinkwood.com>.*
  - Piter, J. C. (2016) *Manual de aplicación de los criterios de diseño adoptados en el reglamento argentino de estructuras de madera. INTI-CIRSOC – Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Capítulo M.4.E.1. Disponible en <https://www.inti.gob.ar/cirsoc>.*
  - Piter, J. C.(2016). *Reglamento argentino de estructuras de madera, CIRSOC 601-2016. INTI-CIRSOC Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Capítulos 1 al 4. Disponible en <https://www.inti.gob.ar/cirsoc>.*
  - Plowas, W.; Bell, T.; Hairstans, R.; and Williamson, J. (2015) *Understanding the compatibility of UK resource for dowel laminated timber construction. Edinburgh Napier University, Scotland.*
  - Smith, S. (2013). *CLT: cross laminated timber or consumes lots of timber. Smith and Wallwork Engineers. Cambridge, Reino Unido. Disponible en: <http://www.smithandwallwork.com>.*
  - StructureCraft (2017). *Mass timber design guide: dowel laminated timber, the all wood panel. StructureCraft Builders Inc., British Columbia, Canada. Disponible en <https://structurecraft.com>.*
  - StructureCraft (2017). *Dowel laminated timber: profile handbook. StructureCraft Builders Inc., British Columbia, Canada. Disponible en <https://structurecraft.com>.*



## LA ACTUALIDAD DEL ADOBE. SUS LÓGICAS DE PRODUCCIÓN Y USO EN LA QUEBRADA DE HUMAHUACA (PROVINCIA DE JUJUY, ARGENTINA)

Virginia Saiquita ([viky90\\_fau@hotmail.es](mailto:viky90_fau@hotmail.es)); Jorge Tomasi ([jorgetomasi@hotmail.com](mailto:jorgetomasi@hotmail.com))

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Universidad Nacional de Jujuy (UNJu), Instituto de Investigaciones sobre la Naturaleza y la Sociedad “Rodolfo Kusch”, Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra (LAAyCT) - Arg.

**Palabras clave:** Quebrada de Humahuaca, adobe, mampostería

*Históricamente, en la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, el construir con tierra se constituye como una práctica habitual y cotidiana. Dentro de este universo técnico, la mampostería de adobe presenta un gran protagonismo, siendo el material preponderante en muros en más del 80% de las viviendas, según el Censo Nacional de Población del 2001. En la actualidad, el proceso de producción de adobes y su implementación en la ejecución de la mampostería por parte de los constructores locales viene atravesando ciertos cambios que presentan implicancias significativas en la eficacia y sustentabilidad de esta técnica.*

*En este trabajo se propone analizar la actualidad de la construcción con adobe en base a los conocimientos y prácticas de los adoberos que trabajan en la región. A estos efectos se propone un análisis de sus dimensiones, características técnicas, ambientales y socio-económicas. Este abordaje integral permitirá considerar las potencialidades y limitaciones que se presentan en torno al uso de esta técnica en la actualidad. Esto está asociado a un enfoque teórico que reconoce que la tecnología está socialmente definida y la evaluación de su sustentabilidad requiere considerar tanto sus implicancias ambientales sociales como así también la rentabilidad económica.*

*Esta presentación se inscribe en el trabajo que en los últimos años viene realizando un equipo de investigación enfocado en el estudio de las técnicas constructivas locales con tierra en el Noroeste argentino. Los resultados que se presentarán surgen de una estrategia metodológica basada en el trabajo de campo, consistente en el registro sistematizado del proceso de elaboración de los mampuestos considerando diferentes productores y la realización de entrevistas semiestructuradas. En base a esto se plantea una aproximación a los conocimientos de los procesos contemporáneos, en pos de reconocer sus implicancias técnicas, sociales y ambientales.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del diverso universo de la construcción con tierra, el adobe ha sido una de las técnicas sobre la que más investigaciones científicas se han realizado desde distintos abordajes disciplinares (Guillaud y Houben, 1989). En este sentido, distintos trabajos se han enfocado en sus características técnicas considerando el tipo de suelos utilizados (Barrios et al., 1986), los procedimientos concretos para su producción (Rotondaro, 2011), su resistencia mecánica y a la erosión (Rivera Torres, 2012), o el comportamiento frente a los sismos (Vargas et al., 2007); otras investigaciones en cambio se han orientado a la significación histórica de estas técnicas desde el estudio de edificios de valor histórico y patrimonial (Viñuales, 1990), observando asimismo las mejores prácticas para su consolidación y conservación (Correia, 2007; Guerrero, 2007). En tanto las técnicas constructivas se constituyen como prácticas inscriptas en determinadas tramas culturales (Dietler y Herbich, 1998), es relevante comprender en términos sociales las formas en que la

producción de adobes y su uso se desarrolla en contextos específicos, siendo este un tema que no ha recibido la misma atención.

La Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, en el noroeste de Argentina se presenta como un espacio significativo para un estudio de estas características dada la notable persistencia que presenta la construcción con adobe, con más del 80% de las viviendas donde se constituye como el material predominante para los muros, lo que está asociado, a su vez, con una importante extensión social de los conocimientos asociados. El uso del adobe se inscribe en un sistema que involucra la construcción con tierra en las distintas secciones de la arquitectura doméstica, desde los cimientos hasta las cubiertas, algo que es característico de toda el área andina (Viñuales, 1990; Rotondaro y José, 2014). En los últimos años, las prácticas han tenido cambios significativos en términos sociales que han tenido implicancias importantes desde lo tecnológico, que hacen relevante un estudio centrado en estos procesos.

## 2. OBJETIVOS

De esta manera, esta presentación tiene como OBJETIVOS analizar la construcción con adobe tal como se desarrolla en la actualidad en la Quebrada de Humahuaca, considerando sus dimensiones tanto sociales como tecnológicas. A estos efectos se describirán las distintas modalidades de producción desde los roles de los adoberos y el destino de los bloques que fabrican. Al mismo tiempo, se observará el modo en que los adobes son utilizados en la construcción de viviendas en el marco de los cambios tecnológicos que se presentan en la región. El recorrido propuesto en el texto permitirá reconocer cómo la modalidad de producción eminentemente doméstica que caracterizó a la región, en la actualidad se superpone con otras formas de producir y acceder a los adobes que ha tenido implicancias incluso en las características de los bloques. Estos procesos son indisociables de los cambios constructivos más amplios que se presentan con la incorporación de otros materiales y tecnologías industrializadas. En tanto nuestro OBJETIVOS es el reconocimiento de las formas de producción en términos sociales, no nos detendremos en el análisis de los adobes en sí mismos, ni en los procedimientos técnicos, temas que han sido tratados por otros autores para la región (Barada et al., 2011; Rotondaro y José, 2014; entre otros).

## 3. METODOLOGÍA

Este trabajo se inscribe en una investigación más amplia en curso sobre la producción de adobes en la Quebrada de Humahuaca que implica un abordaje tanto etnográfico como de laboratorio para el estudio de los materiales (Saiquita, 2017). Para esta presentación se considerará particularmente el relevamiento y registro de productores de adobe realizado en el último año, que ha permitido identificar un total de 11 adoberos que desarrollan la actividad en forma habitual. En todos los casos se han realizado entrevistas semiestructuradas orientadas al reconocimiento de las trayectorias e historias de vida de los distintos productores, el contexto en el que desarrollan su tarea y las modalidades de trabajo. Estas entrevistas se han complementado con la observación participante del proceso de producción de los adobes.

El área de estudio se concentra en lo que se conoce como el tramo medio de la Quebrada de Humahuaca, abarcando desde Purmamarca en el sur hasta Huacalera en el norte, involucrando, además de estas dos localidades, las de Maimará, Sumaypacha y Tilcara, junto con los parajes rurales de El Perchel y Juella (Figura 1). La Quebrada de Humahuaca se constituye como el borde oriental de la Puna, y en términos topográficos es una depresión en sentido norte-sur, de unos 120 km de largo, con una variación altitudinal que va desde los 1600 a los 3400 msnm (Reboratti et al. 2003). Ha sido desde tiempos prehispánicos un intenso corredor que permitía la comunicación entre las tierras bajas y

altas. En el año 2003 la Quebrada de Humahuaca fue incluida en la Lista de Patrimonio Mundial por la UNESCO dentro de la categoría Paisaje Cultural, lo que ha tenido implicancias importantes en la producción arquitectónica vernácula, incluyendo particularmente a los materiales y técnicas utilizadas.

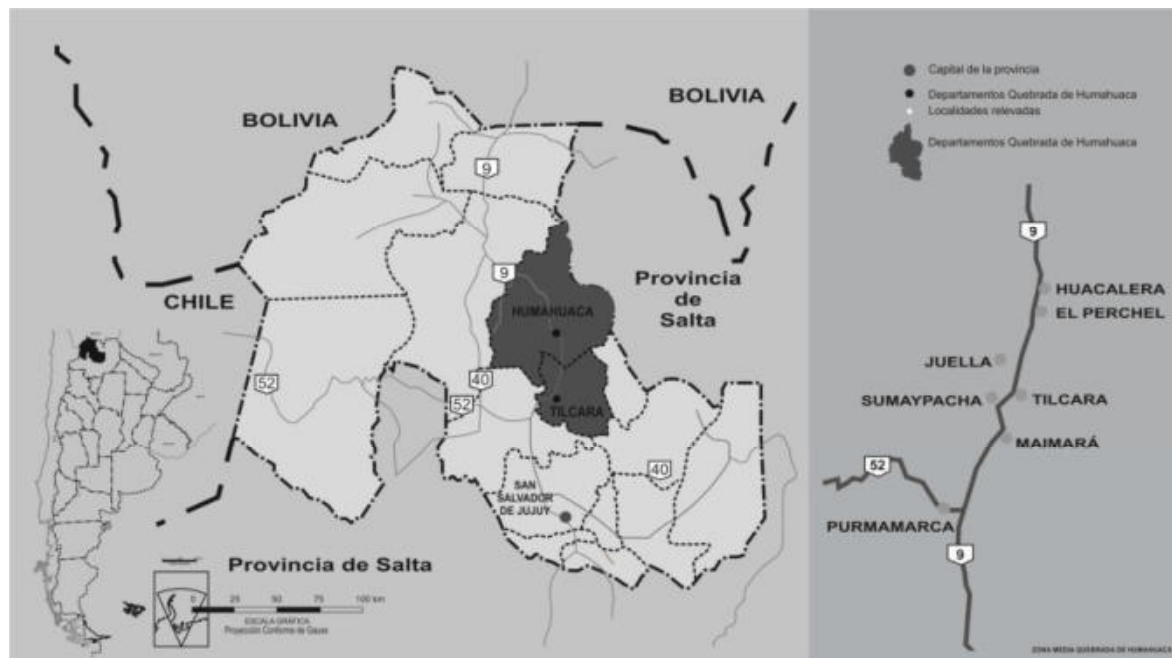


Figura 1. Ubicación del área y los casos de estudio (Elaboración: V. Saiquita)

## 4. RESULTADOS

El proceso de producción de adobes y su uso para la construcción ha tenido en efecto cambios sustanciales en los últimos años, particularmente en lo que se refiere a las formas de trabajo de los adoberos, lo que tiene implicancias en las características físicas de los bloques y también las formas mismas de construcción. Para analizar esto, se caracterizará en primer lugar el universo de los productores de adobes, considerando el modo en que articulan esta tarea con otras actividades, para luego reconocer las distintas maneras en que se responde a la demanda de bloques. A continuación se reconocerán algunos aspectos relevantes sobre la construcción con mampostería de adobes en la región y sus transformaciones.

### 4.1. Entre otras cosas, adobero

El conocimiento constructivo forma parte de los saberes de la mayoría de los pobladores de la Quebrada, especialmente cuando se refiere al conjunto de técnicas de construcción con tierra. A la hora de levantar una casa o simplemente tener material para “más adelante” ampliarla, el dueño y/o la familia son quienes suelen, o solían, encarar los trabajos, o al menos buscar aquella persona que pueda ofrecerles sus servicios “cortando adobes”, vendiéndoselos o simplemente ayudándolos en esta tarea. Entonces, “¿conoce usted a alguien que corte o venda adobes?” es la pregunta infaltable en este tipo de situaciones, lo que brinda el punto de partida para poder reflexionar sobre quiénes son los adoberos y cómo desarrollan la actividad.

Entre los casos estudiados, hemos podido identificar cierta cantidad de adoberos, a quienes podemos caracterizarlos por edad con un promedio de entre los 40-60 años, con algunos jóvenes de alrededor de 20 años que actúan como ayudantes de los más experimentados en la actividad. Es interesante destacar el gran porcentaje de varones que se dedican a esta “profesión”, en tanto se entiende de manera local que este tipo de tareas conllevan un gran esfuerzo físico. Sin embargo, aunque no se suele hacer referencia al respecto, la mujer se

encuentra presente en ciertos pasos del proceso de producción y es en definitiva una participe más del proceso de producción, con tareas que no son colaterales o menores.

En un marco doméstico, la producción de adobes descansa sobre la totalidad del grupo familiar, siendo que por lo general los hombres son quienes preparan el pastón por el gran esfuerzo físico que esto requiere, delegando así el cortado de los mampuestos a las mujeres, aunque se presentan situaciones en donde todo el grupo familiar participa en todas las instancias del proceso. Por fuera de este ámbito doméstico, si bien existen personas cuya dedicación tiene que ver específicamente con el ámbito de la construcción y la elaboración de adobes, otras compatibilizan estas tareas con otras actividades. Es así como muchos también son agricultores o pastores, trabajando en las quintas de las zonas donde residen, o incluso en parajes más alejados, sostienen puestos de trabajo en relación de dependencia de medio día, o se dedican a trabajos de albañilería, adoptando el rol de adobero en lo que resta de la jornada. Muchos de los productores afirman el gran esfuerzo físico que implica el “corte” de adobes, tal que no es posible desarrollar la actividad por períodos excesivamente largos. Por otra parte, es necesario considerar la estacionalidad que tiene la producción de adobes en relación con cuestiones ambientales.



**Figuras 2 y 3.** Proceso de producción de adobes en Maimará (Fotografías: J. Tomasi)

Los adoberos por lo general establecen épocas donde pueden dedicarle más horas de trabajo, considerando a su vez los momentos en los que la demanda de adobes es mayor. Más allá de la existencia de algunas variaciones, los adoberos suelen tomar los meses de septiembre a diciembre y marzo hasta mayo inclusive, época en la cual el clima cálido colabora con el secado y las horas de trabajo se pueden prolongar más. Al dedicarse al trabajo de campo, una gran cantidad de adoberos omite los meses de enero y febrero, al encontrarse trabajando en la cosecha de las quintas y febrero es el mes en el cual inician los preparativos para los carnavales. En los meses invernales, de junio a agosto, las bajas temperaturas dificultan las tareas y provocan el congelamiento de los pastones y bloques ya cortados, lo que redundaría en una pérdida de calidad en el material. En el caso particular del mes de agosto, asociado con las celebraciones de la Pachamama, para muchas personas no es adecuado trabajar la tierra, lo que incluye tanto la siembra, como la construcción. En efecto, el calendario anual de trabajo, en muchas actividades, se define e inicia precisamente en el mes de agosto.



## 4.2. Una clasificación para cada tarea

La producción de adobes tradicionalmente se desarrollaba en el contexto familiar, donde la elaboración de los mampuestos estaba a cargo de sus miembros y eran utilizados para levantar sus propias viviendas, siendo que también se presentaban instancias de reciprocidad de tareas y/o el intercambio de materiales entre personas del mismo círculo familiar e inclusive vecinos. De esta manera, la producción se desarrollaba en un marco colaborativo más amplio, tal que “hoy cortamos para vos, y mañana para mí”. En la actualidad, esta forma de producción enfocada en lo doméstico, dentro de las prácticas y saberes constructivos familiares, se ha expandido, implicando otras escalas. En base al trabajo de campo, hemos podido identificar y definir tres modalidades de producción y acceso a los bloques: Doméstica, Para la Venta y Por encargo, que tienen implicancias concretas en las características de los bloques.

En cuanto a la producción doméstica, las familias elaboran los adobes para utilizarlos en sus propias viviendas, en el marco de modos de hacer, muchas veces sostenidos entre generaciones. En este sentido, se tienden a replicar ciertas formas de producción, preferencias por determinadas materias primas o el uso de una adobera con medidas específicas que se viene empleando hace muchos años. Esto lleva a una significativa variabilidad de los adobes producidos por las distintas familias, lo que puede considerarse como una riqueza en sí misma. En algunos casos, sin que la producción deje de ser doméstica, las familias contratan a un adobero para trabajar en conjunto. Dentro de este ámbito doméstico podemos identificar tres casos, dos en Purmamarca y uno en Sumaypacha. En los tres casos, la tarea de elaboración es propia y la modalidad difiere entre uno y otro, tal que no existen medidas preestablecidas sino que dependerán de las decisiones de cada familia y del destino del adobe en función de los espacios que se requieran, como así también los materiales.

En Purmamarca, los dos adoberos analizados residen en Chalala, un barrio alejado del centro, donde el suelo es “ripioso” por lo que tuvieron que recurrir a la compra de tierra a un vendedor de áridos de la zona. Ambos destinan estos adobes a sus viviendas, pero poseen diferencias respecto a las dimensiones de los adobes, con medidas que oscilan entre 40 x 20 x 12 cm y 35 x 30 x 12 cm. En lo que se refiere al resto de los materiales, por ejemplo la paja, la obtienen de un lugar específico: el molino del pueblo, localizado a 2 kilómetros del centro, tomando el recaudo de encargarla con cierto tiempo de anticipación. En Sumaypacha, por otro lado, localizamos un caso similar de elaboración para uso doméstico, donde el propietario trasladó adobes antiguos del terreno de un familiar en Maimará para poder dismantelarlos y así con el agregado de tierra del lugar y algo de paja obtenida de quintas en Maimará elaborar nuevos adobes. Un factor en común dentro de este ámbito, es la falta de urgencia a la hora de tener los mampuestos en un cierto lapso de tiempo, permitiendo ciertas libertades en cuanto a horarios de corte y cantidades a producir por día, aunque si se respetan los tiempos referidos a las estaciones del año para el cuidado de los adobes y muestran el interés de sostener una continua elaboración de adobes para acopio.

Tomando una cierta distancia con las condiciones domésticas y dentro de lógicas eminentemente mercantiles es posible identificar otras dos modalidades: para la venta y por encargo, que permiten dar cuenta de una producción de adobes que están destinados para terceras personas en un intercambio monetarizado, y no para el uso propio. En el primero de los casos, los bloques se producen en forma continua sin que estén destinados a un cliente en particular, por lo que los adobes tienden a tener características muy generales que responderían a la demanda amplia del mercado; en el segundo caso, en cambio, los adobes se cortan ante la solicitud de compradores específicos que, a su vez, pueden pedir que los bloques presenten determinados rasgos.

En la categoría de los mampuestos para la venta, los adoberos se encargan exclusivamente a la elaboración de adobes para su comercialización, siendo esta una actividad que se realiza durante ciertos periodos del año para optimizar la producción sin tener que tomar recaudos extremos por las inclemencias del clima. En virtud de establecer una homogenización de los mampuestos, se reconoce una estandarización de las dimensiones en torno a los 40 x 20 x 10 cm, entendiendo, de acuerdo a los adoberos, que es el de mayor demanda.

En los tres casos analizados en las localidades de Maimará y Juella, se puede evidenciar esta cuestión. En Maimará nos encontramos con un corralón y un adobero, el primero es el más antiguo, conocido y completo del pueblo, el cual cuentan con adobes para la venta, aunque no los producen directamente ellos. En el caso del adobero es él quien los elabora en un terreno ajeno, cercano a las vías de ferrocarril del pueblo, utilizando tierra de la limpieza de las acequias de los terrenos cercanos. Su trabajo principal es en las quintas, pero durante época de cortado, se dedica de manera casi exclusiva en conjunto con un grupo de ayudantes de 2 o 3 personas. En Juella se trata de un adobero nativo quién produce para la venta siendo su fuente principal de ingreso, tal que parte de su terreno está destinado a este fin, con espacios definidos, la cancha, para el cortado y secado. Es así que, salvando las diferencias, en los tres casos por las preferencias de los potenciales compradores se han estandarizado las dimensiones, cortando mampuestos de 40 x 20 x 10 cm. Aunque se estandarizaron las medidas de venta, no sucede lo mismo con las materias primas: en el caso de Juella los adobes no cuentan con paja (Figura 4), a diferencia de los registrados en Maimará (Figura 5).



Figuras 4 y 5. Adobes producidos en Juella y Maimará (Fotografías: V. Saiquita)

La otra modalidad de producción identificada, por encargo, tiene una gran presencia en la actualidad de la construcción en la región y se refiere a las instancias en las que los adoberos son contratados para entregar una determinada cantidad de adobes y será pagado por bloque terminado y no por hora de trabajo. En este caso, es necesario diferenciar dos situaciones, el encargo a domicilio y el encargo en terreno propio. En la primera, los adoberos, al no poseer espacio físico propio, se dirigen al terreno de que los encarga, ya sea con suelo del lugar o con suelo adquirido a proveedores de áridos, de acuerdo a los consejos del productor sobre la tierra idónea para realizarlos. En la segunda, el adobero elabora y corta los adobes en su propio terreno, el cual tiene las dimensiones necesarias y con los espacios ya definidos para realizar el pastón y el cortado, contando además con el suelo para su elaboración en el sitio o en zonas cercanas a su terreno.

Tanto en Purmamarca y Maimará como en Tilcara, a partir del trabajo de campo, se registraron adoberos que realizan esta tarea solo si alguien se los solicita, por encargo. En Purmamarca, el adobero considerado elabora y corta los adobes en su terreno, ya que cuenta con la superficie necesaria, la tierra la obtiene de acequias las cuales se limpian en los meses de primavera para los futuros sembradíos, y de este modo abarata costos con respecto a la compra del suelo, mientras que la paja usualmente es más accesible conseguirla por medio de trueque con vecinos. En el caso de Maimará, el adobero corta los bloques por encargo a domicilio, Este posee sus adoberas de chapa, con los cuales corta



los adobes, necesitando únicamente que los dueños de cada lote le provean herramientas básicas, como pico y pala. La participación de la familia del adobero es crucial ya que no trabaja con ayudantes, tanto la esposa como los hijos son quienes colaboran con el amasado y posterior cortado de los adobes para poder cumplir tanto con los plazos como con las cantidades que se “comprometen”. En Tilcara, el adobero también se dirige a los lotes de los compradores para elaborarlos y cortarlos allí, y posee una dedicación exclusiva a este trabajo, sino que además realiza otro tipo de actividades en quintas y algunos trabajos ocasionales de albañilería, coordinando sus diferentes actividades de acuerdo a sus necesidades económicas del momento y la posible demanda de clientes.

#### **4.3. El adobe puesto en obra**

En su trabajo sobre la producción arquitectónica en Coranzulí, una localidad de la Puna de Jujuy, Barada (2017) ha observado las transformaciones recientes de las actividades de construcción que han implicado que el trabajo de la propia familia para la elevación de su casa se combine con otras modalidades como la contratación de constructores “por tanto” o “por hora”. Estas nuevas modalidades no han implicado un reemplazo del trabajo desde la esfera doméstica, sino que se combinan de distintas formas (Barada 2017), siendo posible extender sus observaciones para el contexto de la Quebrada de Humahuaca.

En efecto, tal como ocurre con la producción de los adobes, tradicionalmente la construcción de la casa también formaba parte de las tareas asociadas con la reproducción de los grupos domésticos, pudiendo implicar la colaboración de otras personas, en general vinculadas por parentesco, para ciertas tareas específicas como la realización de los techos, en el marco de las lógicas de la reciprocidad (Mayer, 1974). En la actualidad, estas dinámicas se sostienen en forma significativa, con las familias trabajando en sus casas en forma constante, articulando esta actividad con otro tipo de trabajos asalariados o por cuenta propia. Sin embargo, dado el tiempo que suelen insumir estas otras actividades, la construcción hoy en día excede a la esfera doméstica con la incorporación de trabajadores externos con distintas modalidades que pueden implicar desde la contratación de tareas completas hasta el trabajo conjunto con algún miembro de la familia. Esto ha implicado dos procesos que se desenvuelven en forma simultánea: por un lado, una suerte de “profesionalización” de la construcción que implica que una cierta cantidad de personas se dedican al trabajo de “albañil” a tiempo completo y se constituyen como especialistas, y, por el otro, una creciente “tercerización” de estas prácticas con la participación de estos “albañiles” por fuera de los grupos domésticos. Estos cambios en los actores que participan de la construcción son indisolubles de las transformaciones que se han registrado en los materiales y los modos de hacer.

La mampostería de adobe tradicionalmente se realizaba con muros dobles, es decir con el espesor dado por el lado largo de los bloques, por lo que tenían un espesor mínimo de 40 cm. La traba de los adobes estaba sujeta a las dimensiones y proporciones de los bloques, pero en el caso de los 40 x 20 x 10 cm solía corresponder con lo que se conoce como aparejo de tizón. La altura de los muros no solía superar los 2,2 m, y cuando esto ocurría implicaba un aumento significativo del espesor, como en el caso de las capillas u otras arquitecturas de mayor escala, por lo que rara vez la esbeltez era superior a 6. Los muros de menor espesor, llamados sogas, en general solo eran considerados válidos para algunas construcciones accesorias. Este es un punto clave en relación con los cambios en el sistema constructivo en tanto se ha extendido el uso de estos muros sogas de no más de 20 cm de espesor, lo que reduce significativamente no solo su capacidad portante sino también su resistencia frente a esfuerzos de corte como los provocados por los movimientos sísmicos. Aunque no es posible avanzar aquí en un análisis pormenorizado de las razones de estos cambios, los testimonios de las familias y los constructores refieren que los muros sogas implican menos tiempo de trabajo, el uso de una menor cantidad de adobes y, en un

contexto de terrenos cada vez más pequeños, un aumento de la superficie útil por el menor espesor de los muros. Por otra parte, esto estaría vinculado con cambios más integrales en los sistemas constructivos, particularmente de las cubiertas que han tendido a incorporar la chapa en lugar de los torteados de barro. Esto implica una reducción significativa en el peso, por lo que muchos constructores asumen que ya no son necesarios los muros anchos.

De la mano con la reducción de los espesores de los muros, se registra creciente uso de estructurales integrales o refuerzos parciales de hormigón armado. Estas incorporaciones tecnológicas, que provocan múltiples patologías en su asociación con los muros de adobe cuyo análisis excede los objetivos de este texto, parecieran estar asociadas con la intervención de profesionales de la construcción que comenzaron a emplearlas en distintas edificaciones en la región y con la acción de constructores que aprendieron sobre su uso trabajando en obras en grandes centros urbanos. En cualquier caso, estas estructuras han implicado que en muchos casos las paredes de adobe ya no son portantes sino solo un cerramiento, lo que a su vez ha llevado a lo que podría observarse como una menor expectativa sobre la calidad y resistencia de los adobes.

## 5. DISCUSIÓN

En las páginas precedentes se ha referido el desplazamiento de ciertas prácticas desde ámbitos eminentemente domésticos hacia relaciones más asociadas con una lógica mercantilista. En efecto, mientras que históricamente eran los miembros de las familias los que producían sus propios adobes, en una práctica continua en el tiempo más allá del uso inmediato o no de los bloques, en la actualidad se reconoce la acción sistemática de un conjunto de constructores que a partir de la venta o el encargo, se dedican a la producción de materiales que no utilizarán en sus casas, sino que se destina a un mercado que ha presentado una demanda creciente. Lo propio puede reconocerse en lo que se refiere a la construcción misma en tanto es cada vez mayor la acción de “albañiles” profesionales que se dedican a tiempo completo a esta actividad. En definitiva, se puede plantear que se trata de dos expresiones diferentes, aunque asociadas, de los mismos procesos sociales vinculados con un cambio más amplio en las prácticas laborales de la población que complejiza, aunque no impide, que una persona pueda encarar la construcción de su propia casa. Del mismo modo, debe considerarse una modificación en las lógicas de transmisión y aprendizaje de los conocimientos constructivos (Tomasi, 2012), el surgimiento de una gran demanda para la arquitectura asociada con el mercado turístico, y la menor disponibilidad de espacio para producir los adobes en el propio terreno.

En todo caso, es necesario observar que estas diferentes formas de producción y construcción no son excluyentes sino que en múltiples situaciones se presentan múltiples superposiciones. En efecto, es habitual que aunque una familia contrate a un grupo de “albañiles” para la construcción de su casa, se sume al trabajo, por ejemplo, durante los fines de semana. O incluso que en ciertos casos se tercerice una parte de la obra, y se reserven otras tareas para el trabajo propio. Algo similar se puede observar con la producción de adobes, en tanto, como se ha descrito en uno de los casos planteados, muchas familias siguen produciendo sus adobes, o parte de ellos, contratando por hora a una persona para que colabore. En estos casos, habitualmente el grupo doméstico sigue sosteniendo el control sobre las formas de producción, dentro de sus propias preferencias.

Los cambios en las lógicas de producción tienen implicancias en las características físicas de los adobes. Como se ha indicado más arriba, es posible reconocer una tendencia a la homogeneización de las dimensiones en torno a 40 x 20 x 10 cm, dejando de lado la gran diversidad de medidas que solía existir, algo que ha sido observado también en el contexto puneño (Barada et al., 2011). Cuando la producción era fundamentalmente doméstica, los bloques se cortaban con las adoberas que la familia poseía históricamente, en general

heredadas, que permitían diferencias importantes. En el caso de la producción para la venta se buscan medidas genéricas que respondan a los requerimientos de un universo más amplio de potenciales compradores. Algo similar ocurre en el caso de la producción por encargo, aunque en este caso es factible que el comprador solicite una medida específica.

En lo que se refiere a los suelos utilizados, los estabilizantes que se incorporan (por ejemplo, la paja) y el procedimiento mismo de producción se pueden realizar consideraciones similares. Mientras que cuando las familias cortan los adobes, se solían utilizar suelos ya conocidos y seleccionados históricamente en base a distintas preferencias, los adoberos especializados utilizan un único tipo de suelo para toda la producción, generalmente obtenido en la misma cancha donde se cortan los adobes. Caso contrario, son los proveedores de materiales, tierra y áridos, los que seleccionan el suelo que entregan, lo que implica una disociación entre la selección de las materias primas y los procedimientos de producción, que también se vuelven genéricos para cada productor, con el abandono de las pequeñas variaciones técnicas entre las familias. Finalmente, la lógica mercantil asociada con la venta de adobes implica que el tiempo sea una variable clave para la rentabilidad, en relación con el amasado del barro, el cuidado en el corte y el secado de los bloques. Como es posible observar, estas variables (materia prima, procedimientos y tiempo) tienen una incidencia directa en la calidad de los adobes que se producen.

Sin dejar de lado la dimensión económica, la producción de adobes, y sus cambios, debe ser comprendida dentro de la definición de un sistema constructivo integral (Guerrero, 2009). En este sentido, las modificaciones en las dimensiones y calidades de los adobes están íntimamente vinculadas con las nuevas formas de uso en la mampostería. Tal como se ha referido, en la actualidad, los muros suelen levantarse con espesores de no más de 20 cm, lo que sin dudas compromete su estabilidad, y esta es una de las razones que explican el cambio en las dimensiones de los bloques. Lo propio ocurre con los casos en los que se emplean estructuras de hormigón armado, donde el adobe solo tiene una función de cerramiento no portante. En este caso, además, se presenta una menor expectativa respecto a la calidad de los bloques en relación con un supuesto menor compromiso estructural.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo de este trabajo ha sido reconocer las lógicas sociales de la producción de adobes en el tramo medio de la Quebrada de Humahuaca, un área que presenta una larga tradición en el uso de este material. A partir del trabajo con distintos productores ha sido posible reconocer cómo en paralelo con la fabricación doméstica, se han desarrollado modalidades que implican una nueva relación entre los materiales, las arquitecturas y las personas. Esto está asociado con un enfoque teórico-metodológico desde el que se afirma la necesidad de una comprensión social de los procesos tecnológicos, como un punto de partida para una interpretación más amplia de la realidad.

Históricamente, en el área andina en general y en la Quebrada de Humahuaca en particular, la misma familia era la que producía los adobes con procedimientos que respondían a lógicas comunes en una escala regional aunque con pequeñas variaciones domésticas, por ejemplo en las dimensiones, que a su vez eran utilizados en casas construidas por las mismas personas. En la actualidad, pese a que esta lógica persiste, es cada vez más habitual la existencia de especialistas que cortan adobes para terceros en forma sistemática durante determinados momentos del año, sea para la venta o por encargo. Estas nuevas formas de producción muestran una tendencia a la homogeneización de las características de los adobes, sea en sus dimensiones, materias primas utilizadas o procedimiento de fabricación, frente a la variabilidad de las preferencias en el universo de lo doméstico, siendo que esto redundaría en una alteración de las capacidades mecánicas de los mampuestos y su

durabilidad. La continuidad de esta investigación permitirá correlacionar las observaciones surgidas del trabajo de campo con el estudio de laboratorio de los materiales constructivos y, a partir de allí, reconocer los modos en que se pueden mejorar los modos de hacer en base a la valoración de las prácticas históricas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barada, J. (2017) *Entre casas, departamentos y viviendas. La producción de arquitectura doméstica en un pueblo puneño. Coranzulí, Jujuy, Argentina. Buenos Aires: Antropofagia.*
- Barada, J.; Tommei, C.; Nani, E. (2011). *Usos y formas del adobe: una aproximación desde las prácticas constructivas en Susques y Rinconada. En: Tomasi, J.; Rivet, C. (Comp.). Puna y arquitectura. Las formas locales de la construcción. Buenos Aires: CEDODAL. p. 71-85.*
- Barrios, G.; Alvarez, L.; Arcos, H.; Marchant, E.; Rossi, D. (1987). *Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. Informes de la construcción 37-377: 43-49.*
- Correia, M. (2007). *Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. Apuntes 20-2.*
- Dietler, M.; Herbich, I. (1998). *Habitus, Techniques, Style: An Integrated Approach to the Social Understanding of Material Culture and Boundaries. En: Stark, M. The Archaeology of Social Boundaries. Washington DC: Smithsonian Institution Press.*
- Guerrero, L.F. (2007). *Patrimonio construido con tierra. México: Universidad Autónoma Metropolitana.*
- Guillaud, H.; Houben, H. (1989). *Traité de construction en terre. Marseille: Parenthèses.*
- Mayer, E. (1974). *Las reglas del juego en la reciprocidad andina. En: Reciprocidad Andina e Intercambio en los Andes peruanos. Lima: IEP.*
- Tomasi, J. (2012). *Lo cotidiano, lo social y lo ritual en la práctica de construir. Aproximaciones desde la arquitectura puneña (Susques, provincia de Jujuy, Argentina). Apuntes 25 (1): 8-12.*
- Reboratti, C.; García Codrón, J.; Albeck, M. (2003). *Una visión general de la quebrada. En: La Quebrada. Buenos Aires: La Colmena.*
- Rivera Torres, J.C. (2012). *“El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales”. Apuntes 25-2.*
- Rotondaro, R. (2011). *Adobe. En: Neves, C.; Borges Faria, O. (Org.). Técnicas de construcción con tierra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. P. 16-25.*
- Rotondaro, R., José, N. (2014). *Arquitectura y construcción con tierra en la Quebrada de Humahuaca. Bases y recomendaciones para sus habitantes. Buenos Aires: Programa Arconti.*
- Saiquita, V. (2017). *Técnicas constructivas con tierra aplicadas en Maimará (Jujuy). En: Seminario Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra. Tucumán: CRIATiC-UNT.*
- Vargas-Neumann, J.; Torrealva, D.; Blondet, M. (2007). *Casas sismorresistentes y saludables de adobe reforzado con geomallas. Zona de la sierra. Lima: PUCP.*
- Viñuales, G. (1990). *La arquitectura de tierra en la región andina. Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas 27-28: 43-55.*

# ESTUDO COMPARATIVO DA INFLUÊNCIA DA FORMA E DO CAPEAMENTO DE CORPOS DE PROVA DE CONCRETO CONVENCIONAL E DE ALTO DESEMPENHO NO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Guilherme Augusto do Nascimento Amorim ([gui.amorim10@gmail.com](mailto:gui.amorim10@gmail.com)); Paulo Victor Campos Guimarães ([paulovictorcamposg@gmail.com](mailto:paulovictorcamposg@gmail.com)); José Luiz Pinheiro Melges ([jlmelges@dec.feis.unesp.br](mailto:jlmelges@dec.feis.unesp.br)); Jorge Luís Akasaki ([akasaki@dec.feis.unesp.br](mailto:akasaki@dec.feis.unesp.br)); Mauro Mitsuuchi Tashima ([mmtashima@dec.feis.unesp.br](mailto:mmtashima@dec.feis.unesp.br)); Guilherme Gutierrez ([gui.gutierrez17@gmail.com](mailto:gui.gutierrez17@gmail.com))

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Ilha Solteira (UNESP-FEIS) - Brazil

**Palavras chave:** Capeamento, cimento Portland, resistência à compressão, efeito de forma.

*O concreto é o material mais utilizado na construção civil. É importante conhecer sua composição e suas características para que ele possa ser empregado do modo mais econômico e seguro possível. Características como trabalhabilidade, permeabilidade e resistência à compressão são, possivelmente, as que definem de forma mais abrangente a qualidade de um concreto, sendo a resistência a mais utilizada como indicativo qualitativo do concreto endurecido. Muito tem sido discutido em relação à forma como se mede a resistência à compressão de um elemento de concreto. Embora normatizado, o ensaio possui algumas variações possíveis, nas quais o resultado pode sofrer influência indireta, independente da qualidade objetiva do concreto no corpo de prova. Variações como velocidade do carregamento, tamanho e forma dos corpos de prova, tipo de capeamento e regularização das faces de aplicação da carga podem interferir no valor final obtido. Neste trabalho, estudaram-se as relações entre os padrões de forma e dimensão, além dos tipos de capeamento mais utilizados no meio técnico-científico, tanto para concreto convencional quanto para concreto de alto desempenho, comparando-se os resultados obtidos com estudos preliminares e literatura especializada. Os valores obtidos na análise comparativa de forma e dimensão apresentaram-se consistentes com os encontrados na literatura, com exceção dos corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, que apresentaram resultados menores que os seus de 15x30cm. A comparação do capeamento aponta resultados ligeiramente maiores em corpos de prova capeados em relação aos que foram retificados. Os concretos de alto desempenho apresentaram resultados similares de capeamento e retificação, porém com valores menos dispersos em torno da média.*

## 1. INTRODUÇÃO

Sendo o concreto o material mais largamente utilizado na indústria da construção civil, o seu aprimoramento tecnológico é objeto de incessantes estudos e interesse da comunidade científica em torno da construção civil. Tanto em razão dos testes de qualidade de concretos usuais, quanto pelo estudo da influência de novas técnicas e adições, faz-se necessário o conhecimento das características e propriedades do material.

A determinação da resistência de uma amostra de concreto é provavelmente o ensaio mais importante a ser realizado, por sua relação com as demais propriedades do concreto. Propriedades essas que, de forma geral, partilham das mesmas características formadoras, permitindo que, a partir do resultado da resistência, seja determinada a sua qualidade geral.



Este controle de qualidade é feito a partir de ensaios de compressão axial simples em corpos de prova, regido no Brasil pela norma NBR 5739 (ABNT,2007).

Relação entre água e cimento, qualidade dos agregados e uso de adições são os fatores de interesse na determinação da capacidade resistiva do elemento, tendo os principais papéis no fornecimento desta resistência. Deveriam ser eles, portanto, as únicas variáveis estudadas no processo de ensaio.

No entanto, autores sugerem que efeitos de confecção, tratamento e ensaio podem influenciar resultados, alterando a resistência aparente do elemento ensaiado. Como exemplo, velocidade de carregamento, o processo de cura, tamanho e dimensões do corpo de prova além da regularidade das superfícies onde o carregamento é aplicado interferem na aferição dos valores finais de resistência conforme Mehta e Monteiro (2008), Neville (2016) e Petrucci (1978).

No Brasil, o corpo de prova padrão é o cilindro de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, sendo comuns outras variações que apresentam uma relação altura/diâmetro nunca maior que 2,02 (ABNT,2007). Outros formatos, como cubos e prismas também são comuns.

Petrucci (1978) aponta que a resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos corresponde a cerca de 80% da resistência dos corpos de prova cúbicos, conforme mostrado na tabela 1. Neville (2016) cita valores similares para relação de resistência entre cilindros e cubos, salientando que estas relações não são simples de serem analisadas e que estes valores são mais sensíveis quanto maiores forem os valores de resistência do concreto ensaiado.

**Tabela 1.** Coeficientes de conversão da resistência  
tomando-se como referência o corpo de prova cilíndrico.

Tipo de corpo de prova	Dimensões	Coeficiente de Correção ao Corpo de Prova Cilíndrico 15x30cm	
		Variação	Valor Médio
Cilíndrico	15x30	-	1,00
	10x20	0,94 - 1,00	0,97
	25x50	1,00 - 1,10	1,05
Cúbico	10	0,70 - 0,90	0,80
	15	0,70 - 0,90	0,80
	20	0,75 - 0,90	0,83
	30	0,80 - 1,00	0,90
Prismático	15x15x45	0,90 - 1,20	1,05
	20x20x60	0,90 - 1,20	1,05

(Fonte: adaptado de PETRUCCI, 1978, p. 97)

Pode-se notar que, de maneira geral, espécimes maiores apresentam resistências menores, fator que pode ser explicado pela maior incidência de poros em maiores quantidades de concreto (Isaia, 2005). Neville (2016) afirma ser lógico esperar que dentro de uma amostra de maior volume haja uma maior a probabilidade de que um elemento tenha uma resistência inferior e, portanto, limitante. Essa probabilidade diminui para misturas mais homogêneas e desaparece depois de certas medidas, não havendo decréscimo de resistência para peças maiores que 457 mm de diâmetro. Yi, Yang e Choi (2006) indicam que concretos de alta resistência sofrem menor efeito de formato e de dimensões que concretos convencionais.



Mehta e Monteiro (2008) identificam também que mudanças na geometria, como a razão altura/diâmetro, alteram os valores finais de resistência, apontando resistências menores para razões maiores. Neville (2016) indica que concretos de maiores resistências sofrem menores variações devido às variações de forma e proporções, e afirma que, para cilindros com a razão altura/diâmetro próximas de 1, seus valores se aproximam consideravelmente dos valores de resistência de cubos equivalentes.

Outras pesquisas corroboram a afirmação de Neville, na qual os efeitos de forma e dimensão são mais pronunciados em concretos de baixa resistência, apontando também que, em corpos de prova com razão altura/diâmetro igual ou menor a 1, esta tendência é mais notável (Dehestani, Nikbin e Asadollahi, 2014). No entanto, para o Concreto de Alto Desempenho (CAD), a tendência de elementos de maiores volumes obterem resultados menores ainda é presente (Del Viso, Carmona e Ruiz, 2008).

O trabalho de Muciaccia, Rosati e Di Luzio (2017) estudou o efeito de dimensão em corpos cilíndricos com a razão altura/diâmetro variável, constatando uma resistência média final do maior corpo de prova correspondente a 42% da resistência média do menor.

No contexto de preparação dos corpos de prova, os espécimes cilíndricos apresentam uma desvantagem: a face superior do cilindro fica exposta, durante a moldagem, tornando-se rugosa e interferindo no contato com os pratos da máquina de ensaio (Isaia, 2005). Em tais circunstâncias, o surgimento de concentrações de tensões reduz a resistência aparente do concreto (Neville, 2016). Qualquer tipo de desalinhamento pode provocar um estado de tensão diferente do da compressão axial, onde as faces convexas apresentam os piores resultados por gerar uma maior concentração de tensões que as faces côncavas. Estas perdas de resistência aparente são mais visíveis em concretos de alta resistência. Corpos prismáticos e cúbicos, por terem apenas uma de suas faces expostas, possuem dois pares de faces paralelas, moldadas em superfície usinada, garantindo a perpendicularidade ao eixo da peça.

Faz-se necessária a utilização, para corpos de prova cilíndricos, de algum tipo de capeamento, podendo ser realizado pelo posicionamento de um material de superfície lisa ou pela regularização do topo do elemento. Certos cuidados devem ser tomados na escolha dos materiais para capeamento. O cilindro deve apresentar topos planos, lisos e perpendiculares ao eixo central. Neville (2016) cita que um afastamento de 0,25 mm do plano pode reduzir um terço da resistência aparente do concreto.

O material ideal para capeamento, segundo Neville (2016), deveria ter tanto propriedades elásticas quanto resistivas comparáveis ao concreto do corpo de prova, promovendo uma distribuição de tensões uniforme na seção transversal. A camada de capeamento deve ser fina, porque a diferença de resistências e módulos de elasticidade poderia criar contenções laterais que criariam aumento aparente de resistência do elemento, sendo este efeito reduzido em espessuras menores. Os próprios pratos do maquinário de ensaio podem induzir ao confinamento das superfícies, conforme Isaia (2005), uma vez que seus coeficientes de Poisson são diferentes, reduzindo a deformação lateral por meio de tensões tangenciais e criando um estado de tensões diferente do designado por norma. Por outro lado, conforme Neville (2016), materiais com coeficientes de Poisson maiores, como os usados em calços, tais como madeira, papelão e chumbo, podem criar tensões tangenciais no sentido contrário, induzindo à um estado de tensões com tração nas faces, induzindo ao fendimento.

O capeamento pode ser feito após a moldagem ou imediatamente antes do ensaio. Os capeamentos podem ser divididos em sistemas colados, não colados e de desgaste mecânico. Os sistemas colados consistem no uso de material que adere a face fisicamente ou quimicamente, formando uma camada regular (Bezerra, 2007).

Para capeamentos realizados antes do ensaio, necessita-se de um material que endureça rapidamente, mantendo as características necessárias para realização do ensaio. Destacam-se opções como cimento aluminoso, gesso dental de alta resistência, cimento de pega controlada ou uma mistura fundida à base de enxofre (Neville, 2016). Para capeamentos realizados imediatamente antes do ensaio, o tempo de endurecimento tem papel importante, sendo o capeamento de enxofre o mais rápido dos métodos acima citados.

A mistura à base de enxofre consiste da adição de um material inerte, como, por exemplo, argila calcinada moída, que é aplicada sobre as faces do cilindro em estado de fusão. Ela é colocada num dispositivo que garanta superfícies planas e perpendiculares ao eixo do cilindro, indicadas para concretos de até 100 MPa (Neville, 2016). Este método garante alta produtividade, boa aderência e elevada a resistência a compressão nas primeiras horas. Marco, Reginatto e Jacoski (2003) citam algumas desvantagens deste tipo de procedimento, como a produção de gases tóxicos, a fragilidade do material, ocasionando quebra de pedaços do capeamento, variações na espessura e na resistência, pela entrada de impurezas, além do trabalho em temperatura elevada, que pode provocar queimaduras.

Uma alternativa ao capeamento é a retificação por abrasão do topo do elemento, caracterizado como sistema de desgaste mecânico, consistindo na remoção de uma camada fina de material do topo do corpo de prova (Bezerra, 2007). Deve-se garantir a integridade estrutural das camadas adjacentes à camada removida e a planicidade da superfície, não sendo permitidos desvios superiores a 0,05 mm (ABNT, 2016).

Este tipo de capeamento induz a resultados muito satisfatórios, eliminando a distorção causada pelo uso do capeamento e apresentando resultados compatíveis aos corpos de prova com superfícies capeadas com mistura de enxofre (Silva et al, 2011). Mas seu procedimento, apesar de simples, é custoso por exigir maquinário de precisão.

Portanto, sendo do interesse de todo pesquisador, na área de concreto, compreender os fatores que afetam o valor de resistência, é importante aferir os efeitos do tipo de capeamento utilizado e do formato dos corpos de prova produzidos, para que possam decidir como conduzir seus experimentos e quais as consequências destas mesmas escolhas nos seus resultados.

## **2. OBJETIVOS**

Este artigo tem por objetivo comparar resultados de resistência mecânica para os formatos e dimensões usuais de ensaio de corpos de prova de concreto convencional, verificando a validade das relações encontradas na literatura. Busca também comparar os resultados obtidos com capeamentos à base de enxofre e os de desgaste mecânico por retífica, comparando os valores obtidos com resultados de outras pesquisas. Por fim, este estudo se propõe a verificar a validade das relações mencionadas para o Concreto de Alto Desempenho (CAD), por meio da repetição dos experimentos com concretos com resistência superior a 50 MPa.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. MATERIAIS**

A areia utilizada foi uma areia média, de origem natural e local, com diâmetro máximo de 2,36 mm, módulo de finura de 2,07, massa específica aparente de 2,631 g/cm<sup>3</sup> e absorção de 0,28%. A brita é de origem basáltica, com granulometria máxima de 19 mm, módulo de finura de 6,92, massa específica aparente de 3,019 g/cm<sup>3</sup> e 1,24% de absorção. Foram utilizados dois tipos de cimento, sendo CP II Z 32 para o concreto convencional e o CP V ARI para CAD. No CAD, também foi utilizado um aditivo superplastificante à base de

poli-carbonato. A água utilizada foi a fornecida pelo abastecimento público de Ilha Solteira-SP.

### 3.2. Elaboração dos concretos

A dosagem dos concretos foi definida por um traço de 1:5, em massa, com abatimento de  $15 \pm 1$  cm. Para os concretos convencionais e de alto desempenho, foram adotados valores de a/c correspondentes a, respectivamente, 0,52 e 0,35, respectivamente.

Os concretos desta pesquisa foram produzidos segundo a norma NBR 12821 (ABNT,2009), em betoneira de eixo inclinado com capacidade de 400 litros. Inicialmente, jogou-se água na betoneira, a fim de reduzir a absorção da água utilizada na fabricação do concreto pela mesma. A seguir, foram adicionados os agregados que compõem a mistura, além de uma parcela da água, em torno de 50% de sua massa dosada. A betoneira foi ligada por 60 segundos. Posteriormente foi acrescentado o aglomerante e o restante da água, sendo o concreto misturado por mais 180 segundos.

Houve a necessidade da utilização superplastificante somente no CAD, para que se tivesse uma mesma trabalhabilidade e consistência observados na mistura de concreto convencional, logo após a agitação por três minutos. Vale ressaltar que o percentual de aditivo é em relação à massa de cimento e as pesagens sempre foram conduzidas em parcelas de 0,5%. Acrescido o aditivo, procede-se com uma nova mistura na betoneira por 5 minutos. Utilizou-se o total de 1% de aditivo.

O teste de abatimento foi realizado conforme a NBRNM 67 (ABNT,1998), para verificar as condições de trabalhabilidade e sua conformidade com o abatimento esperado de 15 cm. O adensamento se deu em mesa vibratória por 60 segundos, aproximadamente. Os corpos de prova foram moldados em fôrmas cilíndricas de 10x20 cm e 15x30 cm, e formas cúbicas de 10 cm de lado, conforme especificado pela NBR 5738(ABNT, 2016). Somam um total de 90 corpos de prova, sendo 45 de concreto convencional e 45 de CAD, subdivididos em 18 elementos de cada formato cilíndrico e os 9 restantes em fôrmas cúbicas.

Os corpos de prova foram desmoldados 24 horas depois de sua confecção, sendo mantidos em câmara úmida à temperatura de aproximadamente 22,5°C até a idade de 28 dias.

### 3.3. Capeamento

Os corpos de prova cilíndricos de dimensões 10x20 cm e 15x30 cm de ambos os traços foram divididos em dois grupos de quantidade igual de exemplares de cada tipo (9), sendo o primeiro grupo capeado por uma mistura de 60% de enxofre e 40% de pozolana, formando uma fina camada de aproximadamente 3 mm, enquanto o segundo grupo foi capeado por desgaste em retífica mecanizada. Ambos os métodos de capeamentos foram realizados segundo a NBR 5738 (ABNT,2016).

### 3.4. Teste de compressão axial

O teste de resistência do concreto foi realizado de acordo com as diretrizes da NBR 5739 (ABNT,2007). Os corpos de prova foram rompidos aos 28 dias, em uma prensa universal para ensaios. A tensão de ruptura foi obtida através das seguintes expressões, a primeira para os corpos cilíndricos:

$$\sigma_c = \frac{4 \times P}{\pi \times D^2} \quad (1)$$

Sendo:

- $\sigma_c$ : tensão de compressão na ruptura (MPa);
- P: carga de ruptura lida na prensa (N);

- D: diâmetro do corpo de prova (mm);
- A segunda para os corpos de prova cúbicos:

$$\sigma_c = \frac{P}{d^2} \quad (2)$$

Sendo:

- $\sigma_c$ : tensão de compressão na ruptura (MPa);
- P: carga de ruptura lida na prensa (N);
- d: comprimento do lado do cubo (mm);

A resistência final média foi obtida a partir dos critérios de desvio máximo de  $\pm 6\%$ , conforme NBR 7215 (ABNT,1996).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Resistência à compressão

Os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação de cada amostra de capeamento e formato encontram-se dispostos nas tabelas 2 e 3, para concreto convencional e de alto desempenho, respectivamente.

Tabela 2. Resistência à compressão do concreto convencional

	Cilindro 15x30		Cilindro 10x20		Cubo 10x10x10 *
	Retificado	Capeado	Retificado	Capeado	
Média (MPa)	25,98	26,63	19,50	23,82	29,42
Desvio Padrão (MPa)	0,94	0,53	0,90	0,70	1,21
Coef. de Variação (%)	3,62	1,98	4,63	2,94	4,12

Obs.: por apresentar 2 pares de superfícies paralelas, o formato cúbico não necessita ser capeado ou retificado

Tabela 3. Resistência à compressão do CAD

	Cilindro 15x30		Cilindro 10x20		Cubo 10x10x10 *
	Retificado	Capeado	Retificado	Capeado	
Média (MPa)	56,97	65,15	49,63	54,05	60,19
Desvio Padrão (MPa)	2,13	1,53	1,30	1,24	1,16
Coef. de Variação (%)	3,75	2,34	2,62	2,30	1,93

Obs.: por apresentar 2 pares de superfícies paralelas, o formato cúbico não necessita ser capeado ou retificado

Consoante com o encontrado na literatura, após o tratamento estatístico dado às amostras, o CAD apresentou sistematicamente desvios percentuais menores que o do concreto convencional. De acordo com o estudo de Pistilli e Willems (1993), esperava-se uma variabilidade menor em corpos de provas de menores dimensões, o que se confirmou, com exceção dos corpos de prova de concreto convencional de formato cilíndrico de 10x20 cm, que apresentaram desvios percentuais maiores que os correspondentes de 15x30 cm.

### 4.2. Análise de efeito de forma

Na figura 1, apresenta-se um gráfico comparativo dos efeitos do formato do corpo de prova no valor medido da resistência.

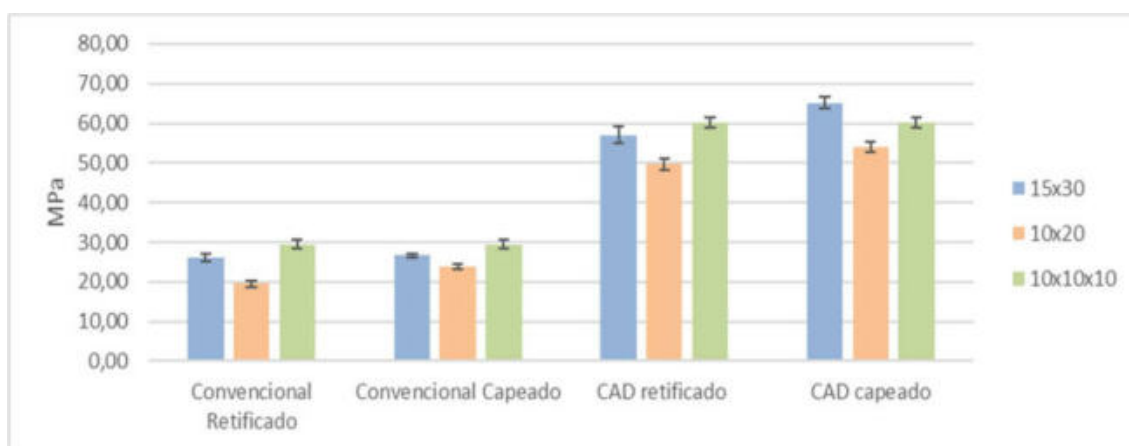


Figura 1. Gráfico de comparação de efeito de forma

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos por meio de razões numéricas entre as médias de resistência encontradas, tomando-se como referência o valor do cilindro de 15x30 cm, considerado como padrão pela norma. O objetivo da tabela é mostrar como a geometria do corpo de prova influencia a resistência em cada procedimento de regularização, para diferentes classes de concreto.

Tabela 4. Comparação do efeito da geometria do corpo de prova, para cada tipo de regularização, utilizando-se, como referência, os valores dos cps cilíndricos de 15x30 cm

Tipo de Concreto	Processo de regularização	Cilindro 15x30	Cilindro 10x20	Cubo 10x10x10*
Concreto Convencional	Retificado	1,00 (ref.)	1,33	0,88
	Capeado	1,00 (ref.)	1,12	0,91
CAD	Retificado	1,00 (ref.)	1,15	0,95
	Capeado	1,00 (ref.)	1,21	1,08

Obs. 1: coeficiente calculado dividindo-se a resistência média dos cps cilíndricos de 15x30 pela resistência média dos das demais geometrias

Obs. 2: por apresentar 2 pares de superfícies paralelas, o formato cúbico não necessita ser capeado ou retificado, sendo comparado em seu estado original com os cps 15x30 cm

A primeira informação que se pode conseguir por meio do gráfico é que, a despeito do que é encontrado nos trabalhos de Pistilli & Willems (1993), Yacizi & Sezer (2006) e Isaia (2005), os valores médios de resistência dos cilindros de 10x20 cm apresentaram resultados sistematicamente menores. Conforme Petrucci (1978), na tabela 1 apresentada neste trabalho, era de se esperar um coeficiente da ordem de 0,97; no entanto, os valores observados para o concreto convencional e de alto desempenho foram de, respectivamente, 1,33 e 1,15 para cps retificados, e 1,12 e 1,21, respectivamente, para cps capeados.

Podem ser minimizados em sua importância para com este resultado, problemas com a proporção dos materiais, uma vez que, para um mesmo traço, as relações provocadas pelo efeito de forma devem ser mantidas dentro do limite de variabilidade estatística.

Creem-se pouco influentes também erros de cura, pois seu processo é mecânico e idêntico para todos os corpos de prova, enquanto os demais procedimentos, por dependerem de processo humano, podem ter incorporado erros na produção das amostras, conduzindo a resultados anômalos. No entanto, a consistência dos resultados induz à crença de que há outras variáveis envolvidas. Portanto, tais variações além do limite podem indicar erros no processo de moldagem, adensamento e ensaio.



Já com relação ao formato cúbico de aresta 10 cm, Petrucci (1978), na tabela 1 apresentada neste trabalho, menciona um valor esperado de 0,80. Neste caso, os valores observados foram coerentes, cujos valores observados para o concreto convencional e de alto desempenho foram de, respectivamente, 0,88 e 0,95 para cps retificados, e 0,91 e 1,08, respectivamente, para cps capeados. Apenas este último valor de 1,08 não estava sendo esperado.

Yi, Yang e Choi (2006) mencionam que o efeito de forma desaparece mais rapidamente em concretos de alta resistência, causando a aproximação dos valores, fato este observado experimentalmente. De Larrard et al. (1994) apontam um intervalo um pouco mais largo para concretos de alto desempenho, que tem limites entre 0,71 e 1,02, considerando efeito de parede devido ao tamanho dos cubos, estando bastante próximo do limite superior observado experimentalmente, que foi igual a 1,08.

O trabalho de Kusumawardaningsih, Fehling e Ismail (2015), com concretos de ultra alta resistência moldados em formatos cilíndricos de 10x20 cm e cubos de 10 cm de lado, encontrou um coeficiente de resistência entre 0,89 e 0,94 (cubo/cilindro), o que se caracteriza como uma inversão do comportamento esperado para o CAD e o concreto convencional. No entanto, os mesmos autores citam a imprecisão destes valores empíricos para concretos convencionais e CAD.

#### 4.3. Análise do efeito do capeamento

Na figura 2, tem-se a comparação entre os dois tipos de capeamento utilizados neste trabalho.

A tabela 5 tem como objetivo a comparação entre os processos de regularização, por meio de razões numéricas entre as médias de resistência encontradas, tomando-se, como referência, o processo de retificação da superfície do corpo de prova.

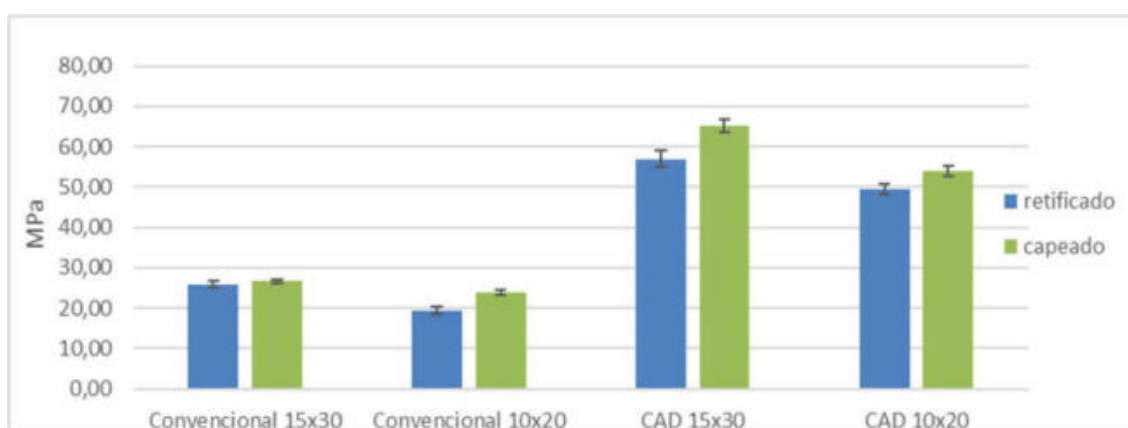


Figura 2. Gráfico de comparação de efeito do tipo de capeamento

Tabela 5. Comparação do efeito da regularização das superfícies do corpo de prova, para cada tipo de forma, utilizando-se, como referência, os valores dos cps cilíndricos de 15x30 cm.

Tipo de Concreto	Geometria do corpo de prova	Retificação	Capeamento
Concreto Convencional	Cilindr. 15x30	1,00 (ref.)	1,03
	Cilindr. 10x20	1,00 (ref.)	1,22
	Cúbico 10	* não se aplica	
CAD	Cilindr. 15x30	1,00 (ref.)	1,14
	Cilindr. 10x20	1,00 (ref.)	1,09
	Cúbico 10	* não se aplica	

Obs.: coeficiente calculado dividindo-se a resistência média dos corpos de prova pela resistência média dos corpos de prova retificados

A tendência se apresenta clara com o capeamento por enxofre apresentando resultados consistentemente e significativamente maiores, de modo diferente ao que foi observado no estudo realizado por Pereira e Medeiros (2014), que obtiveram valores maiores em capeamentos por desgaste mecânico que para capeamentos com enxofre, em concretos na faixa de 20, 40, 60 e 80 MPa. Com uma variação entre 0,82 e 0,98 para os concretos convencionais, esta faixa se reduz bastante no concreto de alto desempenho, indicando que o efeito do tipo de capeamento é presente, mas a sua variação é menor, apresentando resultados mais consistentes.

O trabalho de Silva et al. (2011) conclui que tanto o capeamento por enxofre quanto por retífica apresentam resultados similares e confiáveis, sendo que a retífica apresentou resultados ligeiramente maiores. Pesquisas apontam que, quando o efeito de capeamento por material é visível, o módulo de elasticidade do material capeador é mais importante que a própria capacidade resistiva do material (Vichit-Vadakan, Carino e Mullings, 1998).

Pode-se observar, nas comparações dos valores de resistência de cubos com os corpos de prova capeados na tabela 4, que o CAD apresentou valores que são superiores ao cubo, o que pode ser interpretado como um aumento de resistência aparente, por parte do capeamento de enxofre. Este efeito aparente pode ser explicado pelo confinamento provocado pelo capeamento de enxofre. Dultra, Cabala e Carvalho (2014) encontraram, em um estudo comparativo de capeamentos de enxofre e almofadas de neoprene confinadas, para diferentes faixas de resistência, que com o aumento da resistência do corpo de prova, o capeamento por neoprene passava a apresentar resultados mais altos que o enxofre, que foi explicado por eles pela capacidade de confinamento lateral, muito mais pronunciada no capeamento por neoprene.

Medeiros et al. (2017) afirmam em seu trabalho que o método de retífica por disco rígido apresentou resultados coerentes e pouco dispersos para as classes de concreto que variavam de 20 a 80 MPa. Quanto ao método utilizado, o capeamento com enxofre apresentou resultados coerentes apenas na faixa de 20 MPa, o que eles atribuem à baixa resistência da mistura de enxofre.

O trabalho de Marco, Reginatto e Jacoski (2003) apresenta resultados de testes em que o capeamento de enxofre apresenta médias consistentemente maiores que os demais métodos ensaiados, a exemplo do resultado desta investigação, tendo valores comparáveis graficamente apenas com o neoprene com reforço metálico. Pistilli e Willems (1993) apontam que os valores resistência por capeamento de neoprene são consistentes com os obtidos por capeamento com retífica, o que se repete nos resultados de Pereira e Medeiros (2014).

Os resultados obtidos contrastam com os valores obtidos por Pereira e Medeiros (2014), apresentam valores maiores para o capeamento por retífica.

Ao contrário dos valores do presente trabalho, a pesquisa de Gesoglu, Gunieyisi e Ozturan (2002) apresentam resultados pouco menores para o capeamento de enxofre que os outros tipos de capeamento. Pode-se argumentar que a variação da classificação do capeamento por enxofre deve levar em conta que o capeamento pode ter sido realizado com diferentes tipos de mistura à base de enxofre. Bezerra (2007) aponta que as propriedades do material influenciam no resultado final de resistência, devendo o material ter resistência maior que o concreto testado.

Outro ponto a ser considerado é a dispersão dos resultados produzidos pelo tipo de capeamento. Gesoglu, Gunieyisi e Ozturan (2002) apontam dispersões maiores para o capeamento com enxofre se comparado com as obtidas para placas de neoprene. Silva et al

(2011) apresentam desvios gráficos, apontando valores mais ou menos condizentes entre capeamentos por retífica e enxofre. O estudo de Lianxiang, Folliard e Trejo (2004) apontam desvios consideravelmente maiores para métodos de capeamento não-colantes, com relação ao obtido por capeamento com enxofre.

O trabalho de Chies, Rohden e Silva Filho (2014), que comparou os métodos de capeamento por neoprene, enxofre, retífica por disco rígido e por serra policorte, para traços que variavam de resistência entre 25 e 120 MPa, concluiu que, apesar de todos os métodos testados terem resultados semelhantes para o concreto convencional, o método de retífica por disco rígido apresentou os menores desvios, sendo portanto o mais indicado para concretos convencionais. Para os CAD, suas conclusões apontavam para o uso de Neoprene como melhor tipo de capeamento.

Sendo o desvio do presente estudo produzido a partir da exclusão de corpos de prova considerados discrepantes, segundo a norma NBR 7215 (ABNT,1996), não é possível apresentar tendência clara nos desvios obtidos, mas pode-se notar uma constância de coeficientes de variação maiores nas amostras retificadas, em concordância com o achado de Chies, Rohden e Silva Filho (2014), para o concreto convencional, e os de Medeiros et al. (2017), no CAD.

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo procurou considerar tanto a influência do tipo de capeamento utilizado quanto o formato e as dimensões dos corpos de prova, para dois tipos de concretos diferentes, sendo um considerado convencional e o outro de alto desempenho.

Os valores de resistência dos corpos de prova são menos dispersos para os CAD em comparação aos convencionais, independente do tipo de capeamento. Com relação aos tipos de capeamento, ambos apresentaram resultados de resistência e variâncias parecidas, com o capeamento por enxofre sendo ligeiramente superior, em média, para as quatro combinações, enquanto o capeamento por retífica apresentava menor dispersão em torno da média.

Os valores de correlação entre os tipos de corpo de prova encontrados no presente trabalho se conformam parcialmente com os apresentados na literatura, visto que os corpos de prova de tamanho 10x20 cm apresentaram resistências menores que os 15x30 cm. No entanto, as demais relações encontradas indicam a presença do efeito de forma, tanto no concreto convencional quanto no CAD.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 5738/2016: *Concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Rio de Janeiro, 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 5739/2007: *Concreto - ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*. Rio de Janeiro, 2007.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7215/1996: *Cimento Portland – determinação da resistência à compressão*. Rio de Janeiro, 1996.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBRNM 67: *Concreto - determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone*. Rio de Janeiro, 1998.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12821: *preparação de concreto em laboratório*. Rio de Janeiro, 2009.
- Bezerra, A. C. S. (2007) *Influência das variáveis de ensaio nos resultados de resistência à compressão de concreto: uma análise experimental e computacional*. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil.

- Chies, J. A.; Rohden, A. B.; Silva Filho, L. C. P. (2014) "Surface treatment of concrete test specimens subjected to compression." *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais* 7.5: 755-800.
- De Larrard, F., et al. (1994) "Is the cube test suitable for high performance concrete?". *Materials and Structures* 27.10 (1994): 580-583.
- Dehestani, M.; Nikbin, I. M.; Asadollahi, S. (2014) "Effects of specimen shape and size on the compressive strength of self-consolidating concrete (SCC)." *Construction and building materials* 66: 685-691.
- Del Viso, J. R.; Carmona, J. R.; Ruiz, G. (2008) "Shape and size effects on the compressive strength of high-strength concrete." *Cement and Concrete Research* 38.3: 386-395.
- Dultra, E. J. V.; Cabala, G. V. E.; Carvalho, L. O. (2014) Estudo comparativo entre o capeamento com enxofre e a utilização de almofadas em neoprene no ensaio de resistência à compressão de concreto estrutural. In: congresso brasileiro do concreto, 56., 2014, Natal. Anais do 56º congresso brasileiro de concreto. Natal: Ibracon, 1 CD-ROM
- Gesoğlu, M.; Güneysisi E.; Özturan, T. (2002) "Effects of end conditions on compressive strength and static elastic modulus of very high strength concrete." *Cement and Concrete Research* 32.10: 1545-1550.
- Isaia, G. (ed.) (2005). *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: Ibracon.
- Kusumawardaningsih, Y.; Fehling E.; Ismail M. (2015) "UHPC compressive strength test specimens: Cylinder or cube?". *Procedia Engineering* 125: 1076-1080.
- Lianxiang, D.; Folliard, K. J.; Trejo, D. (2004) A new unbounded capping practice for evaluate the compressive strength of controlled low-strength material cylinders. *Cement, Concrete, and Aggregates* 21.1.
- Marco, F. F.; Reginatto, G. M.; Jacoski, C. A. (2003) Estudo comparativo entre capeamento de neoprene, enxofre e pasta de cimento para corpos de prova cilíndricos de concreto. In: congresso brasileiro do concreto, 45., 2003, Vitória. Anais do 45º congresso brasileiro de concreto. Vitória: Ibracon, 1 CD-ROM
- Medeiros, R. et al. (2017) "Investigation of the influence of different surface regularization methods for cylindrical concrete specimens in axial compression tests." *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais* 10.3: 568-591.
- Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. (2008). *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: Ibracon.
- Muciaccia, G.; Rosati, G.; Di Luzio, G. (2017) "Compressive failure and size effect in plain concrete cylindrical specimens." *Construction and Building Materials* 137: 185-194.
- Neville, A. M. (2016). *Propriedades do concreto*. Porto Alegre: Bookman.
- Pereira, B. A.; Medeiros, R. (2014) Comparativo dos métodos de regularização das superfícies de contato dos corpos de prova de concreto destinados a ensaios de compressão uniaxial. In: congresso brasileiro do concreto, 56., 2014, Natal. Anais do 56º congresso brasileiro de concreto. Natal: Ibracon, 1 CD-ROM
- Petrucci, E. G. R. (1978). *Concreto de cimento Portland*. Porto Alegre: Globo.
- Pistilli, M. F.; Willems, T. (1993) "Evaluation of cylinder size and capping method in compression strength testing of concrete." *Cement, Concrete and Aggregates* 15.1: 59-69.
- Silva, M. J. et al. (2011) Influência de dois tipos de capeamento de corpos de prova de concreto. In: congresso brasileiro do concreto, 53., 2011, Florianópolis. Anais do 53º congresso brasileiro de concreto. Florianópolis: Ibracon, 1 CD-ROM
- Vichit-Vadakan, W.; Carino, N. J.; Mullings, G. M. (1998) "Effect of elastic modulus of capping material on measured strength of high-strength concrete cylinders." *Cement, concrete and aggregates* 20.2: 227-234.

- Yazıcı, Ş.; Sezer, G. Í. (2007) "The effect of cylindrical specimen size on the compressive strength of concrete." *Building and Environment* 42.6: 2417-2420.
- Yi, S.; Yang, E.; and Choi, J. (2006) "Effect of specimen sizes, specimen shapes, and placement directions on compressive strength of concrete." *Nuclear Engineering and Design* 236.2: 115-127.

## 7. AGREDECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# DESENVOLVIMENTO DE CHECKLIST PARA PROJETO DE COBERTURA VERDE: FERRAMENTA AUXILIAR PARA PROPOSTA DE GUIA.

Priscila Nakamura ([prinakk@gmail.com](mailto:prinakk@gmail.com)); Andrea Naguissa Yuba ([naguissa@gmail.com](mailto:naguissa@gmail.com));  
Bárbara Cristina Vieira Rocha ([barbara.rocha@ufms.abea.arq.br](mailto:barbara.rocha@ufms.abea.arq.br))

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) - Brazil

**Palavras chave:** cobertura verde, arquitetura, guia, checklist

*O sistema de coberturas verdes tem sido adotado como uma estratégia para atenuar problemas ambientais em grandes centros, e para tanto, alguns países desenvolvidos já possuem normas, guias e manuais para implantação, o que não acontece no Brasil. Baseado nestas iniciativas, foi desenvolvido como produto de uma dissertação de mestrado um Guia de Coberturas Verdes para o município de Campo Grande-MS e região. O guia foi desenvolvido com o intuito de orientar os interessados pela prática desde a fase de planejamento até as consequentes fases de execução e manutenção. Este trabalho visa a complementação do guia, valendo-se dos pressupostos e orientações fornecidos pelo mesmo, porém com a elaboração de uma ferramenta que pode auxiliar na organização e realização de etapas: o checklist para planejamento. Através do uso de três referências internacionais, será desenvolvido para nosso território, contando ainda com um objeto/local de estudo, o Laboratório de Inteligência Artificial, Eletrônica de Potência e Sistemas Digitais (BATLAB) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) para aplicação deste checklist e melhor visualização de suas potencialidades e falhas a nível de estudo preliminar, servindo como um exemplo ilustrativo para o guia. Através destas duas etapas será possível elaborar um checklist que atenda as características necessárias para um adequado planejamento, servindo como uma ferramenta prática para averiguação de lacunas. Espera-se que este estudo possa complementar e apontar novas condicionantes importantes para a evolução do guia e das coberturas verdes.*

## 1. INTRODUÇÃO

Buscando atenuar os problemas ambientais e melhorar a qualidade de vida nos grandes centros urbanos vem sendo empregado o sistema de coberturas verdes em diversos países desenvolvidos, e, para o melhor desempenho do mesmo, é necessária sua correta execução e para isso iniciou-se a elaboração de materiais com orientações que instruem sobre o emprego deste sistema de forma adequada. Países como Japão, Alemanha, Canadá, Austrália e Estados Unidos já possuem guias, manuais, normas e incentivos a essa prática, e serviram de base para o desenvolvimento do Guia de Coberturas Verdes que, a princípio, limita-se à região de Campo Grande-MS, devido a sua extensa área territorial. Porém, mesmo que o guia seja voltado para uma área específica do Brasil, não há empecilho para que ele seja útil, em sua maior parte, para outras regiões, inclusive o checklist pode atender todo o território nacional.

O dicionário Michaelis (2018), define o checklist como uma lista para verificação de propósitos; inventário, lista de itens a serem conferidos em qualquer situação. Segundo Alonso (2017), é conhecido também como folha ou lista de verificação, e está no hall das famosas e consagradas ferramentas da qualidade. Sua utilização é tão difundida que podemos encontrar em diferentes setores empresariais e círculos sociais. O autor afirma ainda que ela deve ser bem mais do que um papel ou um simples documento, esta

ferramenta da qualidade deve ser vista como algo vivo que deve ser alimentado rotineiramente, a fim de extrair o melhor resultado possível.

O guia para implantação de coberturas verdes apresentado inicialmente para um trabalho de mestrado, apresenta um checklist adaptado do guia canadense de Touderlund (2010). Basicamente manteve-se as etapas descritas, tendo os itens relativos à neve subtraídos. Porém a existência de outros exemplos que servem também como modelo podem exigir uma análise destes materiais e consequentemente o desenvolvimento de uma lista própria para apresentação no guia.

Portanto, o objetivo deste trabalho é elaborar um checklist através da análise de outros materiais já produzidos, tornando-o uma ferramenta prática para a execução de tarefas de maneira adequada, aumentando a otimização dos processos. Outro passo é mostrar como o checklist pode auxiliar no desenvolvimento do projeto e isso será demonstrado através de um exemplo de projeto de cobertura verde aplicado em determinado local, buscando ilustrar a relação direta entre o projeto e o processo definido, atestando o cumprimento das etapas envolvidas.

## 2. OBJETIVOS

Desenvolver um checklist para a fase de projeto de uma cobertura verde, servindo como uma ferramenta prática para os usuários do guia proposto para Campo Grande e região.

## 3. METODOLOGIA

- Desenvolver um estudo preliminar de cobertura verde utilizando o guia.
- Utilizar referências de checklist para organizar as etapas de planejamento.
- Desenvolver checklist direcionado a região de origem.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este estudo, foram utilizados três checklists. O primeiro é de um guia canadense “Design Guidelines and Maintenance manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West (Touderland, 2010)”, material que foi um dos analisados e utilizados na composição do guia proposto e chamou a atenção por apesar de ser um guia sucinto, oferece informações de qualidade, sendo o único que dispõe o checklist para averiguação das etapas. Foi elaborado por uma arquiteta e oferece maior preocupação com a fase de planejamento.

Outro checklist é o fornecido pela OPTIGREEN (2014), uma empresa britânica especializada em instalação de coberturas verdes e que acaba oferecendo uma lista diferente, com outro ponto de vista, mais técnico. O terceiro material analisado é uma organização voltada para a educação, que realiza treinamentos e certificações relativos a estratégias que envolvam a gestão de águas pluviais. A Rainscaping Iowa (2015) é americana e apresenta um checklist mais voltado para as questões que abordam a relação com a água, como a irrigação por exemplo. Esse é um aspecto importante e que pode ser útil para a elaboração da lista proposta neste estudo, já que o guia é para Campo Grande e região, área que apresenta um verão muito chuvoso e um inverno muito seco. Assim, inicialmente foram analisadas as semelhanças entre os três conteúdos, que indicam quais itens são mais importantes e talvez imprescindíveis para a formação do checklist nacional.

Apesar das semelhanças que abrangem principalmente os conteúdos relativos as camadas da cobertura verde, existem muitas diferenças entre as listas analisadas tanto em seu conteúdo quanto no seu formato. Percebe-se sutilmente que cada um acaba focando em distintos públicos-alvo, como por exemplo o checklist de Toderlund (2010) que brevemente inclina suas preocupações para o cliente, a Optigreen (2014), da forma que foi estruturada

aparenta ser mais útil aqueles que já conhecem o sistema de cobertura verde e tem experiência com execução. O Rainscaping (2015), deixa claro que é voltado para profissionais como engenheiros, arquitetos e botânicos e até pergunta se é um profissional certificado em um dos itens a serem preenchidos. Desta forma, cada material reflete os focos e objetivos de seus proponentes e a Tabela 1, mostra resumidamente as características de cada um, denotando as disparidades entre eles encontradas.

**Tabela 1.** Principais disparidades entre os checklists.

Touderlund (2010)	Optigreen (2014)	Rainscaping (2015)
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mais sucinto, prático.</li> <li>- Foco no cliente/leitor, não necessariamente da área.</li> <li>- Itens relacionadas principalmente à fase de planejamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dividido em itens e subitens.</li> <li>- Os itens não estão em ordem, apresentando os assuntos de forma aleatória.</li> <li>- Foco nas camadas da cobertura verde.</li> <li>- Voltado para executores do sistema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formato mais peculiar</li> <li>- Explora questões de formas diferenciadas, como o preenchimento com “sim ou “não” ou descrição de atividades.</li> <li>- Voltado para profissionais de diversas áreas.</li> </ul>

Fonte: das autoras.

Estas foram as principais disparidades verificadas. Mais sucinto, com foco no cliente/leitor, deixa mais prático o checklist. De maneira mais geral, consegue elencar os itens em uma ordem coerente, relacionadas principalmente à fase de planejamento.

Dividido em itens e subitens. Os itens não estão em ordem, apresentando os assuntos de forma aleatória. Apesar de se aprofundar nos temas apresentados, apresenta poucos, com foco apenas nas principais camadas da cobertura.

Formato mais peculiar, com itens e subitens também, porém explora as respostas de algumas questões de forma diferenciada, como o preenchimento com “sim ou “não” por exemplo, apresenta também a possibilidade de complementação das informações através de descrições que são solicitadas.

Através da elaboração deste checklist inicial para o guia de coberturas verdes para Campo Grande e região, verificou-se a possibilidade de interligar os itens com o projeto, de forma a facilitar a leitura das informações, principalmente quando as descrições de determinados itens são necessárias, como é verificado no checklist do Rainscaping (2015), que solicita a descrição de elementos como o acesso à cobertura. Assim, buscando complementar o conteúdo do checklist, foi elaborado o estudo preliminar de um projeto de cobertura verde a fim de ilustrar as possibilidades de uma interação com o checklist elaborado. Para tanto, foi escolhido um local que apresenta potencial para a implantação do sistema, já que apresenta resquícios para outro uso que não foi finalizado (Figura 1), no caso a instalação de placas fotovoltaicas, sistema este que pode interagir com a cobertura verde devido a estudos que comprovam o aumento de eficiência das placas quando implantadas em conjunto. O local escolhido para o estudo é o Laboratório de Inteligência Artificial, Eletrônica de Potência e Sistemas Digitais (BATLAB), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

**Tabela 2.** Checklist elaborado para o Guia

Checklist de planejamento para implantação de cobertura verde em Campo Grande e região.	
1	Códigos locais aplicáveis
2	Responsáveis pelo projeto
3	Considerações para certificação ambiental
4	Dados da obra e definição dos objetivos
5	Clima e localização geográfica
6	Análise estrutural incluindo sua movimentação
7	Carga de todo sistema com solo saturado (cargas vivas e mortas)
8	Temperatura externa e interna, umidade e condições de uso
9	Tipo de cobertura verde (com módulos, tapetes)
10	Impermeabilização da cobertura
11	Proteção antiraíz
12	Proteção mecânica
13	Detecção de vazamentos
14	Inclinação da cobertura
15	Proteção contraventos
16	Regulamento contra incêndio
17	Drenagem (drenos de transbordamento secundários)
18	Filtragem/uso de manta geotêxtil
19	Tipo e condição do substrato
20	Áreas de permanência e transitáveis na cobertura
21	Tipos de vegetação
22	Existência de hortas
23	Seleção de plantas (plano de plantio)
24	Abastecimento de água (pontos)
25	Irrigação (área, tipo, pressão)
26	Segurança do trabalhador/proteção contra quedas
27	Necessidade de ventilação durante a instalação
28	Compatibilidade com edifício adjacente
29	Etapas da construção
30	Tráfego da construção
31	Acessibilidade e configuração do edifício
32	Combinação com outros sistemas (reuso de água e sistema fotovoltaico)
33	Odor que pode ser gerado dependendo do método de aplicação de componentes do substrato
34	Manutenção de todos os componentes da cobertura verde (vegetação, mobiliários, drenos, etc)
35	Descrição da construção do projeto com precisão, incluindo vegetação e forma de uso.

Fonte: das autoras.





Figura 1. Local de estudo para implementação de cobertura verde. Fonte: das autoras.



Figura 2. Perspectiva com a proposta de cobertura verde. Desenho: das autoras.

Assim surge uma ferramenta para o desenvolvimento do projeto, podendo se tornar um complemento para a elaboração do projeto, como pode ser observado na Figura 3.

A elaboração do projeto também pode auxiliar na formação da lista, pois alguns itens como quantificação de plantas, orçamento e iluminação surgem com a elaboração do projeto e podem estar integrando o checklist proposto, dependendo do grau de profundidade que o guia está proposto a apresentar nesta ferramenta. Não foi sentida a necessidade da colocação de todos os itens do checklist no desenho, mas alguns pedem por uma descrição maior, que pode ser incorporado em um memorial descritivo também.



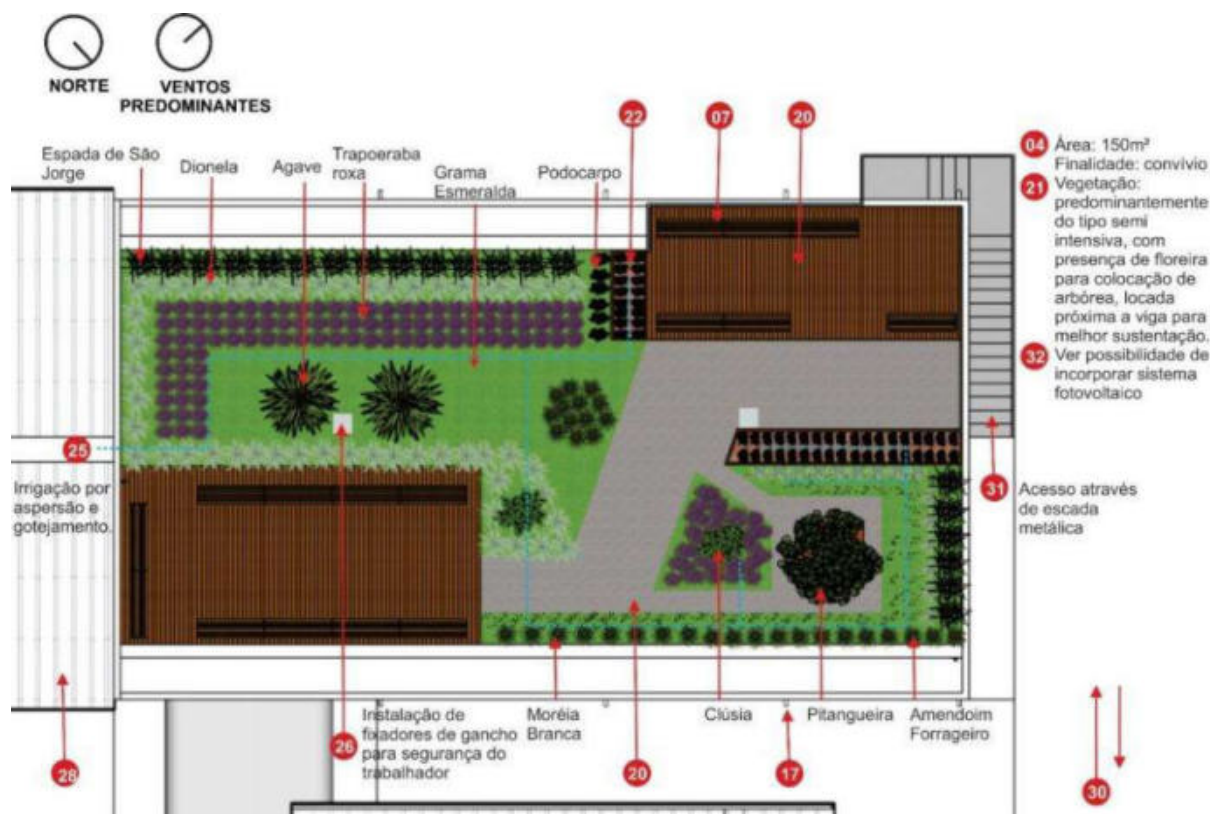


Figura 3. Planta da proposta com informações condizentes ao checklist. Fonte: das autoras.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS - CONCLUSÕES

Chegou-se à conclusão que esta análise é fundamental para gerar uma ferramenta coerente e que atenda as características do guia proposto, que foca em um clima bem diferente dos materiais analisados, que demonstram preocupações condizentes com o local, como a neve por exemplo. Assim, para adaptar um checklist, foi necessário além de remover itens desnecessários, já que não neva no Brasil, verificar a possibilidade de complementar com outras informações mais pertinentes como a gestão de águas pluviais e irrigação por exemplo, já que estamos em uma região com verão chuvoso e inverno seco.

Desta forma a lista apresentada inicialmente para uma dissertação de mestrado, adaptado sem uma análise completa, teve seu conteúdo aprimorado através deste estudo, possibilitando a complementação do guia com a personalidade requerida para garantir a evolução do guia e das coberturas verdes no Brasil. Notou-se neste estudo particularmente que o checklist pré-existente auxiliou na elaboração do projeto, assim como o projeto auxiliou na detecção de itens potenciais para serem incluídos no material deste estudo.

Espera-se que futuramente estudos de caso possam ser executados para maior profundidade no assunto sendo possível realmente entender a construção das etapas e incorporar eventuais informações faltantes. Também seria ideal a exploração de fases posteriores ao planejamento, como por exemplo a elaboração de checklists voltados a manutenção, como já acontece em alguns países.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONÇO, G., *Consultoria em certificação ISO, Templum (2017)*. Disponível em <https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-e-para-que-serve-um-checklist/>. Acesso em novembro de 2018.

- Prefeitura de Toronto, Canadá. Disponível em <<https://web.toronto.ca/wp-content/uploads/2017/08/953d-Green-Roof-Designer-Checklist.pdf>>. Acesso em novembro de 2018.
- GREEN ROOFS FOR HEALTHY CITIES. Organization. Disponível em: [greenroofs.org](http://greenroofs.org). Acesso em julho de 2015.
- NAKAMURA P. (2018). Guia para implantação de coberturas verdes: versão para o contexto do município de Campo Grande e região. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Campo Grande-MS, Brasil.
- OPTIGREEN®. Green Roofs – Technical brochure. 2013. Disponível em <http://www.optigreen.com/downloads/brochures/>. Acesso em julho de 2016.
- TOLDERLUND L. Design Guidelines and Maintenance Manual for Green Roofs in the Semi-Arid and Arid West. 2010. Disponível em: <<http://www2.epa.gov/sites/production/files/documents/GreenRoofsSemiAridAridWest.pdf>>. Acesso em novembro de 2015.

## 7. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Laboratório de Inteligência Artificial, Eletrônica de Potência e Sistemas Digitais (BATLAB), ao Canteiro Experimental do curso de Arquitetura e Urbanismo e o Laboratório Experimental de Arquitetura (LEX), pertencentes a Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

# FACHADAS DE VIDRO EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS NO RIO DE JANEIRO

Claudio Oliveira Morgado ([claudi.morgado@gmail.com](mailto:claudi.morgado@gmail.com)); Alice Brasileiro  
([alicebrasileiro@ufrj.br](mailto:alicebrasileiro@ufrj.br))

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU)  
- Brazil

**Palavras chave:** fachadas de vidro, aberturas, fator solar, RTQ-C

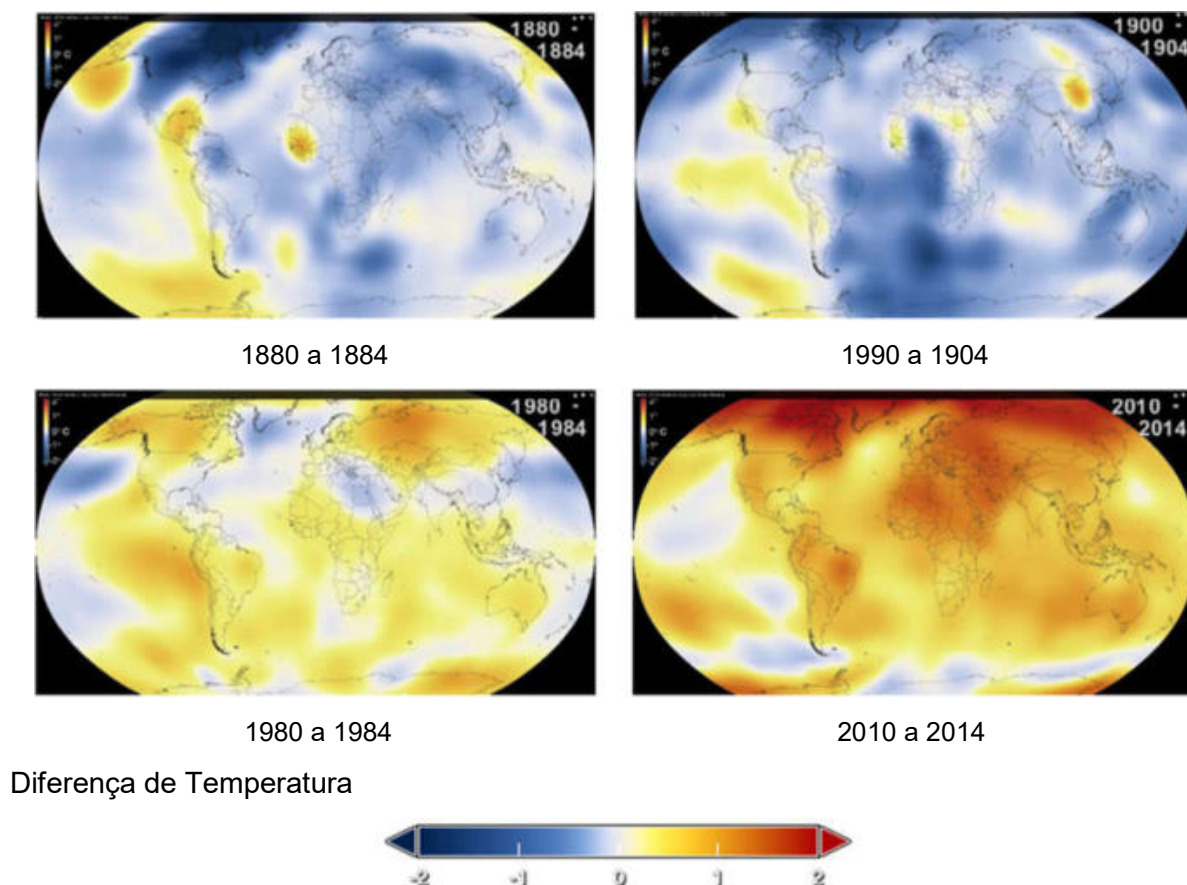
*As edificações com fachadas totalmente envidraçadas, envolvendo ambientes refrigerados artificialmente, são comuns em empreendimentos corporativos no Brasil. Anteriormente, considerava-se que esses edifícios se comportavam como grandes estufas, mas hoje, vidros especiais podem conferir status de solução sustentável. As características dos vidros (como o Fator Solar) interferirão nas cargas térmicas e na solução adequada para cada projeto. Contudo, não somente as características do vidro, mas a sua quantidade aplicada no projeto, traduzida pelo percentual de aberturas na fachada (PAFT), contribuem para o desempenho energético da edificação. Especialmente em edificações onde há grande áreas de vidro, percebe-se uma delicada relação de equilíbrio necessário entre estas e as características do vidro utilizado. Com o objetivo de verificar parâmetros que subsidiem decisões projetuais, este trabalho investigou como a relação estabelecida entre percentual de aberturas na fachada e as características do vidro pode interferir na classificação de desempenho energético da edificação, considerando ainda a existência ou não de sombreamento. Como procedimento metodológico, foi utilizado o Webprescritivo, um mecanismo de cálculo que auxilia na verificação da classificação (de “A” a “E”) do nível de eficiência energética de edificações pelo método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Como resultados dos ensaios realizados, foi verificado que nos casos onde há um PAFT elevado (50% ou superior) não se consegue atingir a classificação “A”, mesmo que o vidro apresente um dos Fatores Solares mais reduzidos do mercado (0,19). Esta verificação se reveste de especial interesse pelo fato de, atualmente, todas as edificações públicas federais brasileiras novas ou reformadas serem obrigadas por Instrução Normativa a possuírem o nível “A” de classificação de eficiência energética, o que pode se tornar impossível se o projeto arquitetônico não contemplar um adequado dimensionamento das aberturas nas fachadas.*

## 1. INTRODUÇÃO

As edificações com fachadas totalmente envidraçadas e vedadas, envolvendo ambientes climatizados artificialmente, sem ventilação natural, se tornaram um modelo corrente para o setor de empreendimentos corporativos em diferentes condições climáticas (ASTE et al., 2018), inclusive nos grandes centros urbanos brasileiros, como o município do Rio de Janeiro. Contudo, desde o final do século XX, considera-se que esses modelos de edifícios se comportam, na realidade, como estufas, por conta do baixo desempenho térmico dos vidros (GAMMARANO, 1992), inadequados, portanto, para regiões de clima quente. Segundo Lam (2000), mesmo em climas subtropicais (ou seja, menos quentes do que os tropicais), em edifícios corporativos com fachadas de vidro, até 50% da carga térmica total é constituída pelo calor adquirido através das janelas.

Como fator agravante ao consumo energético elevado que é necessário para o resfriamento ativo da edificação, uma das consequências do excessivo uso de condicionadores de ar é a

sua contribuição para o aquecimento no ambiente externo das edificações. Mesmo sendo apenas parte de um processo maior, de variadas causas e amplas consequências, a NASA (Agência Espacial Americana) e a NOAA (Administração Oceânica e Atmosférica Americana), por meio de medições realizadas separadamente, concluíram que o ano de 2014 foi o mais quente já registrado desde o início das medições, em 1880 (Figura 1). Em 2014 foi verificada uma amplitude global de aproximadamente 2oC em relação ao início dos registros (1880), sendo que nos polos essa amplitude chegou a alcançar 4oC (FIGUEIREDO, 2016).



Graus Celsius

Figura 1. Amplitude térmica global entre os anos de 1880 e 2014.

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2016)

Apesar disso, muitas edificações que adotam pele de vidro nas fachadas como estilo arquitetônico vêm adquirindo categoria de sustentáveis, alcançando pontos para a aquisição de “selos verdes”. Mesmo em cidades com climas muito quentes no Brasil, como o Rio de Janeiro, vem se verificando essa tendência de multiplicações de novos edifícios corporativos adotando pele de vidro nas fachadas, especialmente na região do porto, que passou recentemente por um movimento de início de reabilitação urbana. Muitos desses edifícios têm adquirido certificações de sustentabilidade reconhecidas internacionalmente.

Edifícios corporativos que possuem uma elevada porcentagem de vidro em suas fachadas podem alcançar alto grau de sustentabilidade por utilizar matéria-prima regional, conteúdo reciclado, diminuição do consumo de água por propriedades autolimpantes e, também, pelo aproveitamento da luz natural (CORNETET, 2009). Entretanto, em regiões com clima quente, a envoltória destes edifícios, se fossem avaliadas pela legislação brasileira de eficiência energética, por meio da concessão da respectiva Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE (BRASIL, 2013), teriam seu consumo de energia considerado ineficiente por conta da carga térmica mais elevada que penetra no interior.



Essa carga térmica exige um consumo maior do sistema de ar condicionado do edifício. Como a eficiência energética é apenas um dos itens que compõem o conceito de sustentabilidade, essa avaliação pode não ser suficiente para suprimir o grau de sustentabilidade alcançado por esses edifícios. E como a ENCE (BRASIL, 2013) ainda é voluntária, a maioria desses edifícios não têm a etiquetagem solicitada. Apenas para efeito de comparação, apesar de haver diferentes realidades socioeconômicas e disponibilidades energéticas, Omrany et al. (2016), analisando sistemas para aumento da eficiência energética nas edificações, sugerem que entre 30-40% da energia global é utilizada diretamente para manter o clima confortável no interior dos edifícios.

Há argumentos tecnológicos e comportamentais para justificar o uso excessivo de áreas envidraçadas nas fachadas das edificações. Atualmente, os modernos vidros low-e possuem baixa emissividade e filtram uma grande parcela dos raios solares, sem impedir a transmissão luminosa. Os vidros de espectro seletivo são capazes de selecionar o comprimento de onda solar e melhorar os controles solar e luminoso. Há vidros autolimpantes, projetados especialmente para uso externo, que espalham a água da chuva igualmente por toda a superfície, levando com ela toda a poeira. Muitas multinacionais reivindicam peles de vidro na arquitetura de suas edificações, como estratégia de marketing para obter certificação de eficiência ambiental. Além disso, visualmente, esses modelos arquitetônicos são vinculados à ideia de modernidade e tecnologia. A essas vantagens se somam o baixo custo de limpeza e conservação da fachada, além de uma maior rapidez na construção (CORNETET, 2009).

Pereira (2007) indica que, entre os vidros e películas presentes no mercado, os refletivos são as melhores opções em clima quente. Possuem baixa transmissão da radiação visível (TL) e bloqueiam os raios ultravioleta (UV), diminuindo a absorção e o ganho de calor. Ainda assim, reconhece que seu uso excessivo em fachadas como elemento de transparência permanece longe do ideal de uma boa solução bioclimática para clima quente. Figueiredo (2016) destaca como vantagens relevantes do vidro nas fachadas a economia de energia em função do aproveitamento da luz natural, a reprodução das cores e a adaptação visual aos ambientes internos. Cita, também, o aumento e a diminuição de hormônios e neurotransmissores, frente ao relógio biológico. Ainda de acordo com Figueiredo (2016), estudos recentes demonstram que o uso da luz natural e o acesso visual para o exterior do edifício estimulam o incremento do sentimento de bem-estar dos funcionários nos ambientes de trabalho, trazendo como resultados positivos o aumento da produtividade e a redução do absentismo.

Todas essas vantagens citadas na utilização de fachadas envidraçadas devem ser analisadas com muito critério. As características de cada tipo de vidro, como fator solar (FS), transmitância térmica (U), em geral elevada nos vidros, e transmissão da radiação visível (TL) vão interferir diretamente nas cargas térmicas que penetrarão no edifício e na solução energética mais eficiente para cada projeto (CORNETET, 2009).

Ainda que levando em consideração as vantagens citadas e a apuração estética do vidro, como elemento de transparência e de integração entre o exterior e o ambiente interno de execução de tarefas, não se pode desconsiderar função “ética” (LIMA, 2010) da arquitetura e a pertinência da adequação do objeto arquitetônico às características físicas, ambientais e culturais da localidade onde será construído.

As vantagens descritas pelos diversos pesquisadores em relação ao emprego desse elemento de brilho e transparência nas fachadas são de relevância indiscutível. Assim sendo, o que se coloca em foco no presente estudo não é a supressão desse elemento das fachadas, mas sim as suas características e a proporção entre a área envidraçada nas fachadas e a área total dessas superfícies, relação essa que já tem sido analisada como um dos pontos mais críticos no desempenho energético da edificação (KONTOLEON; BIKAS,



2002; PRIETO et al., 2018). Espera-se, dessa forma, contribuir na discussão sobre a concepção de projetos arquitetônicos de edifícios corporativos, tendo em vista a melhoria de sua classificação de eficiência energética segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2013).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho é analisar parâmetros projetuais relacionados às aberturas (fator solar do vidro, percentual de abertura nas fachadas e elementos de sombreamento) em edifícios de uso corporativo no Rio de Janeiro, com vistas a subsidiar decisões de projeto em prol de um melhor desempenho energético das edificações.

## 3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A classificação do nível de eficiência energética de edificações comerciais, no Brasil, é estabelecida pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (BRASIL, 2013). O RTQ-C classifica a edificação em cinco níveis expressos por letras, de “A” a “E”, do melhor para o pior nível (compõem a classificação geral da edificação três sistemas: envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar; neste trabalho, porém, toda a investigação ocorrerá a respeito da classificação da envoltória).

A classificação da envoltória da edificação é calculada a partir de um indicador de consumo obtido por uma equação, própria para cada zona bioclimática (ABNT, 2005) e para duas possibilidades de áreas médias de pavimentos ( $A_{pe}^4$ ), até 500m<sup>2</sup> ou maiores. A equação indicada para a edificação em avaliação determinará indicadores de consumo máximo e mínimo de referência, e seus respectivos intervalos para cada classificação. A mesma equação definirá o valor final do indicador de consumo da envoltória avaliada, indicando a respectiva classificação. Cada equação considera da edificação fatores como forma (FF), altura (FA), percentual de aberturas nas fachadas ( $PAF_T$ ), ângulos de sombreamento vertical e horizontal (AVS e AHS) e fator solar dos vidros (FS)<sup>5</sup>.

A avaliação pode ser feita pelo Método da Simulação ou pelo Método Prescritivo. Para este último método, o Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina (LABEEE) disponibiliza *online* uma ferramenta auxiliar de avaliação de eficiência energética de edificações, o *WebPrescritivo* (disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>). Essa ferramenta considera os parâmetros descritos no RTQ-C, para cada Zona Bioclimática do Brasil e informa a classificação dos três sistemas (envoltória, iluminação artificial e condicionamento de ar) e a classificação final da edificação avaliada. Todos as avaliações e testes feitos neste artigo utilizam esta ferramenta de cálculo, na sua seção destinada à envoltória (Figura 2).

---

<sup>4</sup> Ape: “Área de Projeção da Edificação”, denominação utilizada pelo RTQ-C (BRASIL, 2013) para fazer referência à área média dos pavimentos de um edifício

<sup>5</sup> Esta classificação também dependerá do cumprimento de pré-requisitos como transmitâncias térmicas máximas e absorvâncias solares máximas das superfícies externas da edificação (envoltória).

Figura 2. Exemplo da avaliação de uma envoltória pelo Webprescritivo.

Para inferir a significância das aberturas envidraçadas na eficiência (ou ineficiência) energética das edificações comerciais, de serviços e públicas, foram testadas quatro tipologias arquitetônicas nesta investigação: duas delas com  $A_{pe}$  menor do que  $500m^2$  e duas com  $A_{pe}$  maior do que  $500m^2$ , condicionadas artificialmente, sem ventilação natural e ambientadas em ZB 8 (zona bioclimática do Rio de Janeiro). Em todos os casos foram aferidos, especificamente, os limites percentuais de aberturas nas fachadas ( $PAF_T$ ) entre cada uma das classificações consecutivas, empregando os parâmetros constantes do diagrama da Figura 3. Foram considerados vidros com os seguintes fatores solares: (i)  $FS = 0,86$  (vidro transparente simples, com 3mm de espessura) e (ii)  $FS = 0,19$  (vidro especial de controle solar, com pelo menos 6mm de espessura). Também foram consideradas aberturas sem sombreamento externo ( $AHS = AVS = 0^\circ$ ) e com ângulos horizontais e verticais de sombreamento de  $10^\circ$  ( $AHS = AHS = 10^\circ$ ). A Figura 3 apresenta um diagrama dos quatro experimentos, e a Figura 4 apresenta as quatro tipologias testadas, com suas respectivas dimensões e parâmetros de cálculo da eficiência energética.

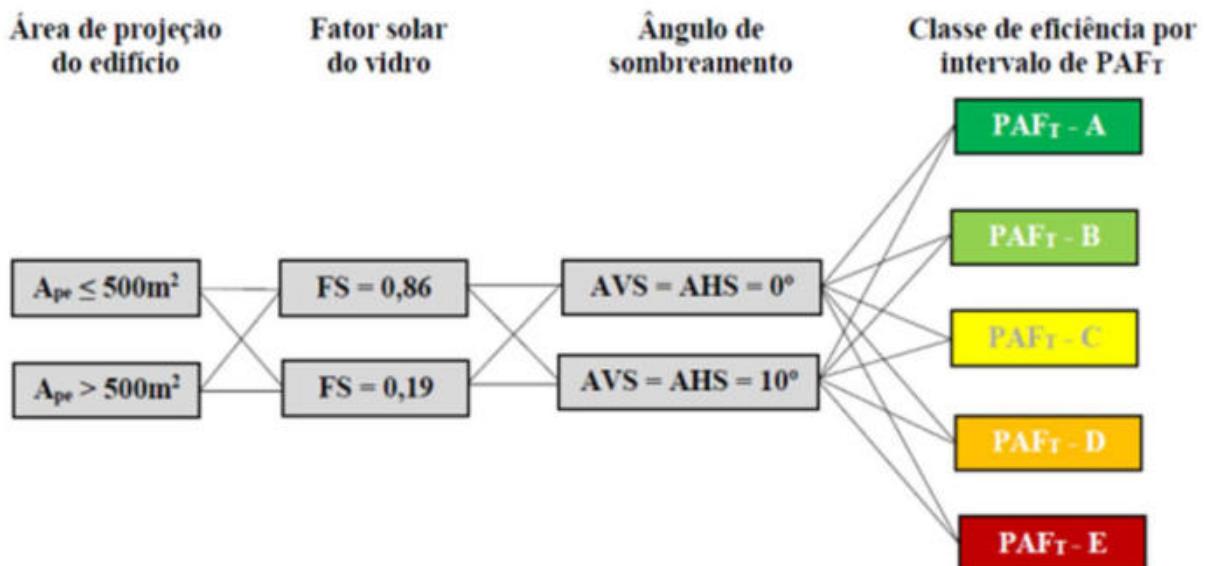


Figura 3. Diagrama de classificação por intervalos de PAF<sub>T</sub>

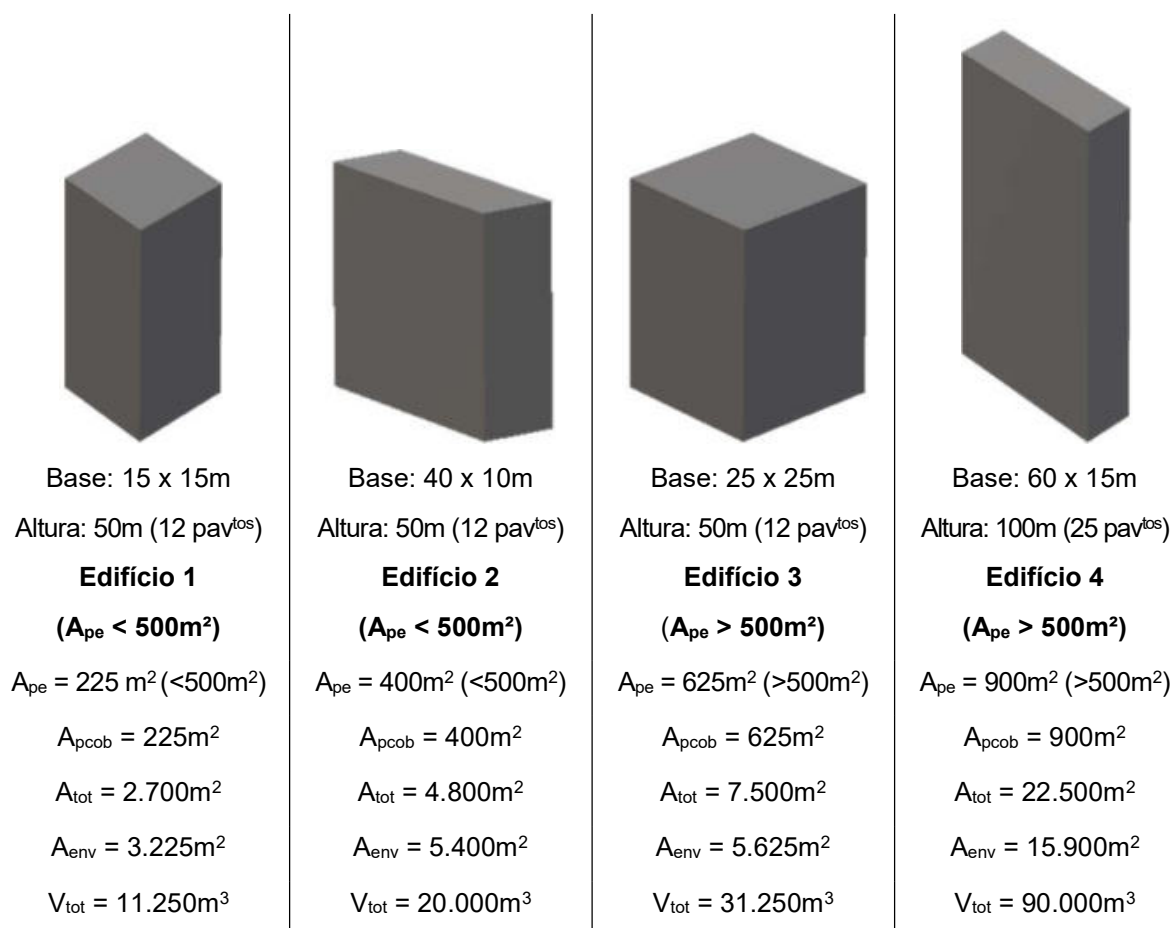


Figura 4. Parâmetros e proporções dos quatro modelos testados

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os limites de  $PAF_T$  calculados entre as classes de eficiência energética dos Edifícios 1 e 2 estão mostrados na Figura 5:

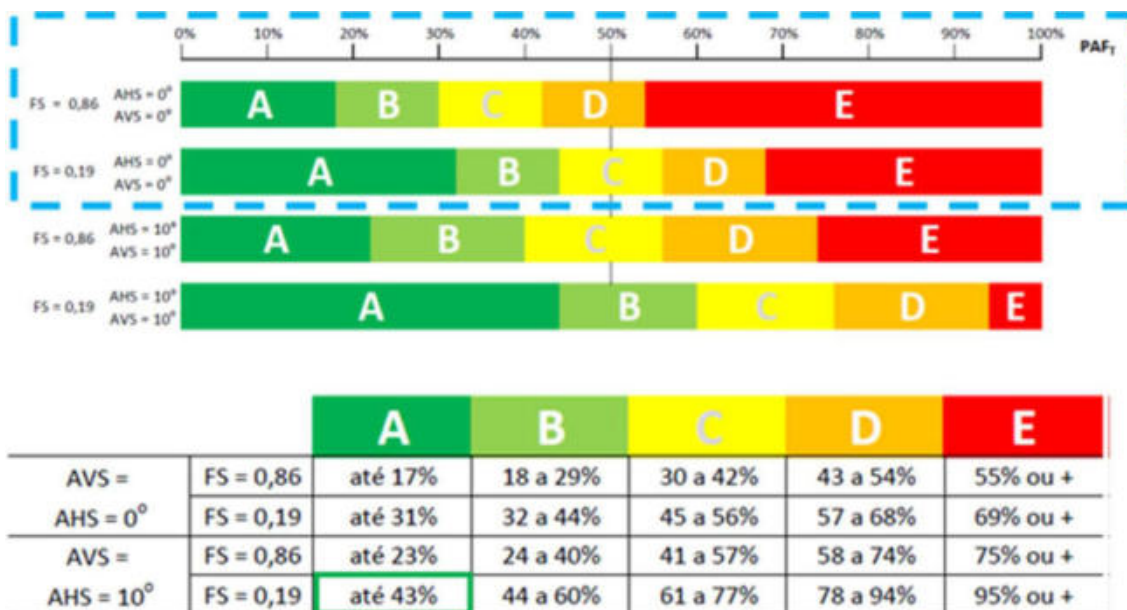


Figura 5. Limites por classe (representação gráfica e numérica) do PAF<sub>T</sub> nos Edifícios 1 e 2

Os limites de  $PAF_T$  calculados entre as classes de eficiência energética dos Edifícios 3 e 4 estão mostrados na Figura 6:

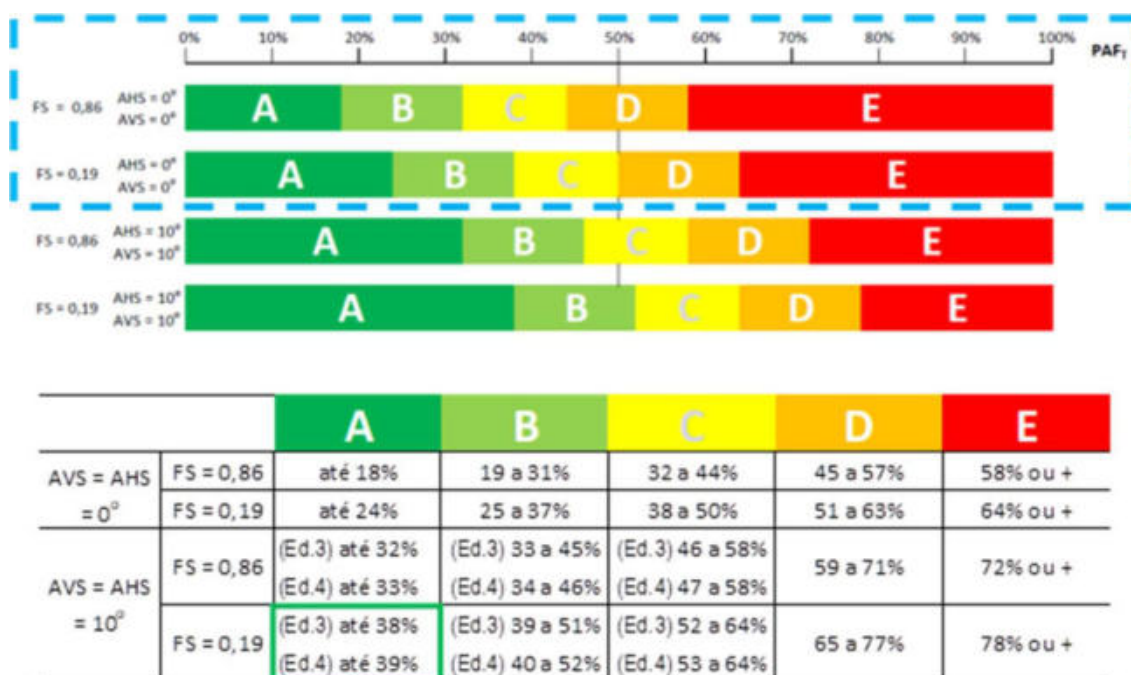


Figura 6. Limites por classe (representação gráfica e numérica) do PAFT nos Edifícios 3 e 4

#### 4.1. Edifícios com $A_{pe} \leq 500m^2$

As duas primeiras edificações configuradas (Edifício 1 e Edifício 2) apresentaram resultados semelhantes entre si, isto é, intervalos de classificação da envoltória iguais em relação aos respectivos limites de  $PAF_T$ . Isto se verificou em todos casos, tanto na presença (ou não) de elementos de sombreamento quanto no uso de vidro comum ( $FS = 0,86$ ) ou vidro eficiente ( $FS = 0,19$ ).

Em ambas as experimentações, com ou sem sombreamento, a alteração de vidro comum para um vidro com fator solar de 0,19 tendeu a elevar cada uma das classificações para um nível superior consecutivo. Por exemplo, a mudança do parâmetro FS, de 0,86 para 0,19, fez com que a classificação “E” subisse um nível para classificação “D”; no caso da classificação “D”, subiu para “C”; e assim foi até a classificação “B”, que subiu para “A” com a mudança do fator solar (ver retângulo de realce em linha tracejada na Figura 5).

Enquanto o realce em linha tracejada na Figura 5 mostra o gráfico da troca de vidro comum ( $FS = 0,86$ ) por vidro eficiente ( $FS = 0,19$ ), na Figura 7 considerou-se que a estratégia adotada foi o sombreamento externo. Comparando as duas situações, verifica-se que a troca de vidro comum por vidro eficiente é ligeiramente mais eficaz do que a estratégia de sombreamento externo.

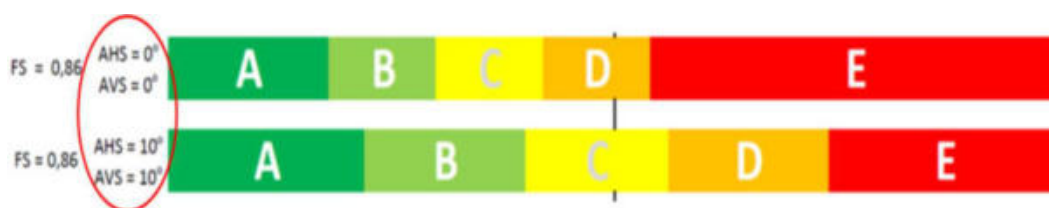


Figura 7. Evolução da classificação com a troca dos parâmetros AHS e AVS nos Edifícios 1 e 2 ( $A_{pe} < 500m^2$ ), mantendo inalterado o parâmetro FS

O melhor resultado de todos, conforme esperado, foi a composição de vidro eficiente ( $FS = 0,19$ ) com sombreamentos externos horizontais e verticais de 10°. Neste caso, a edificação

que almejasse a classificação “A” poderia tirar partido de até 43% de área de aberturas transparentes ou translúcidas nas fachadas (ver realce na célula com esse valor na Figura 5).

#### 4.2. Edifícios com $A_{pe} > 500m^2$

As configurações das edificações com área de projeção ( $A_{pe}$ ) maior do que  $500m^2$  (Edifício 3 e Edifício 4) também apresentaram resultados semelhantes entre si (intervalos de classificação da envoltória semelhantes em relação aos respectivos limites de  $P_{AFT}$ ). Estes resultados, porém, diferiram dos resultados dos Edifícios 1 e 2.

Nos Edifícios 3 e 4 ( $A_{pe} > 500m^2$ ), a alteração de vidro comum para vidro eficiente, sem alterações nos parâmetros de sombreamento, não apresentou resultados tão satisfatórios quanto no caso dos Edifícios 1 e 2 ( $A_{pe} \leq 500m^2$ ), como se pode verificar, comparando o realce em linha tracejada na Figura 6 com o mesmo elemento na Figura 5.

Ainda no caso dos Edifícios 3 e 4 ( $A_{pe} > 500m^2$ ), a alteração do sombreamento elevou, aproximadamente, cada uma das classificações para um nível superior consecutivo, ou seja, a classificação “E” subiu um nível consecutivo (para “D”); e assim por diante até a classificação “B”, que subiu para “A” (Figura 8).

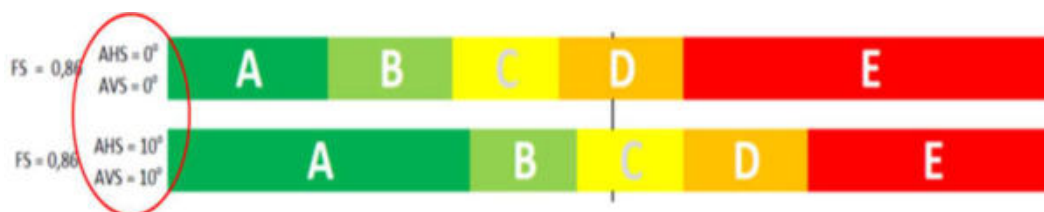


Figura 8. Evolução da classificação com a troca dos parâmetros AHS e AVS nos Edifícios 3 e 4 ( $A_{pe} < 500m^2$ ), mantendo inalterado o parâmetro FS

Novamente, conforme esperado, o melhor resultado de todos, foi a composição de vidro eficiente com sombreamentos externos. Nos dois casos (Edifício 3 e Edifício 4), a edificação que almejasse a classificação “A” deveria compor vidro eficiente com sombreamento externo e ter até 38-39% de área de aberturas nas fachadas ( $PAF_T$ ) (ver realce na célula com esses valores na Figura 6). Sang *et al.* (2014) obtiveram resultados que apontam a mesma tendência, ao verificar, por simulação, que um projeto mais adequado da envoltória pode contribuir para a redução da energia anual utilizada no resfriamento do edifício. Entre as diversas contribuições, as mais expressivas são o tipo de vidro (20,26% de redução), o ajuste do tamanho das aberturas (17,82% de redução) e a incorporação de mecanismos de sombreamento (16,8% de redução).

No presente artigo, em todos os quatro casos foi possível verificar que edificações comerciais, de serviços e públicas com  $PAF_T$  elevado (50% ou superior) não conseguem obter classe de eficiência “A”, nem mesmo na composição vidro eficiente mais sombreamento externo. Também se verificou que, em todos os casos, se o  $PAF_T$  for de 50% ou mais, o uso de vidro com fator solar 0,19 (vidro eficiente) apenas, sem elementos de sombreamento externos, não capacitará o edifício a obter uma classificação “A” ou “B”. Especialmente no Brasil, isso se torna um importante aspecto para edificações públicas federais novas ou reformadas, que devem necessariamente obter classificação “A” de eficiência energética (BRASIL, 2014).

Comparando os casos dos edifícios que têm  $A_{pe} > 500m^2$  com os que têm  $A_{pe} \leq 500m^2$ , verifica-se que os limites de  $PAF_T$  entre as classificações são ligeiramente diferentes. Sendo uma relação percentual, o valor nominal do  $PAF_T$  expressa, na realidade, uma quantidade de superfície ( $m^2$ ) ocupada por vidros, que tende a ser maior (em valores absolutos) quando a área média dos pavimentos ( $A_{pe}$ ) também é maior do que  $500m^2$ . Pela mesma razão, a



alteração no Fator Solar do vidro teve mais impacto em menores superfícies ( $A_{pe} \leq 500m^2$ ). Em superfícies maiores ( $A_{pe} > 500m^2$ ), apenas a mudança do Fator Solar não foi suficiente para obter a mesma vantagem, sendo necessário acrescentar algum nível de sombreamento na superfície envidraçada. Essa sutil diferença pode incrementar parâmetros de projeto de edifícios comerciais, de serviços e públicos, que dependendo de seu tamanho, podem contar com mais liberdade projetual, podendo optar pelo investimento na qualidade do vidro ou nos elementos de sombreamento.

Desse modo, analisando os quatro edifícios testados, conclui-se que o parâmetro  $PAF_T$  é o que tem maior peso na classificação de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos, ratificando as conclusões de Maciel (2011) e também os estudos de Aste *et al.* (2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de parâmetros projetuais das aberturas de uma edificação com vistas a minimizar o seu consumo energético indicou que sua correta combinação pode produzir bons resultados.

Assim como Mirrahimi *et al.* (2016), que em seu estudo do efeito da envoltória sobre o consumo energético em edifícios altos, corroboram a importância do papel que o tipo de vidro, o tamanho das aberturas e os elementos de sombreamento desempenham em edificações em clima tropical quente úmido, a atenção voltada às características das aberturas, analisadas neste trabalho, mostra-se de especial interesse.

Deve-se atentar que, dos elementos avaliados na classificação de eficiência energética das edificações, a envoltória é o único que não consome energia elétrica, mas suas características arquitetônicas e projetuais vão interferir diretamente no consumo energético dos sistemas de manutenção de conforto dos usuários, que irão buscá-lo, independentemente do quão responsiva for a envoltória a essa solicitação. A falta de resposta da envoltória às condições climáticas locais é um caminho para o aumento do consumo de energia. No hemisfério norte, por exemplo, onde o frio é mais problemático do que o calor, Berardi (2015) dá uma ideia do quão importantes para a economia de energia podem ser as envoltórias das edificações, indicando que envoltórias de alto desempenho podem obter uma redução global de 33% na demanda por energia dos edifícios, sendo elas prioridades nas zonas frias dos Estados Unidos, União Europeia e Rússia.

Falando em linhas gerais sobre o consumo de energia pelo setor das edificações, Wang, Yan e Xiao (2012) mencionam que uma grande parte do consumo efetivo é desperdiçado devido a falhas que começam na concepção do projeto, passam pela construção e seguem até o estágio da operação dos edifícios. Especificamente no Brasil, as edificações são responsáveis por cerca de 50% do consumo de energia elétrica (BRASIL, 2015), e há que se levar em consideração que o país continua a atravessar uma grave crise ambiental, com escassez de chuvas e com muitas barragens de hidrelétricas apresentando níveis críticos em diversas regiões. A região sudeste, maior responsável pelo desenvolvimento geoeconômico do país e que possui o maior parque industrial da América Latina, já sofreu uma crise hídrica atípica entre os anos de 2012 e 2015. Várias cidades do Sudeste tiveram, neste período, recordes de calor, com temperaturas máximas absolutas acima dos 40°, além de seca extrema, com valores de umidade relativa abaixo dos 15%. E as previsões meteorológicas para o futuro próximo não diferem muito dessa realidade, algumas são até mais pessimistas. Considerando que o Brasil está entre os países que apresentam um consumo total de energia ascendente (BERARDI, 2015), a convergência entre clima e edifícios aponta urgentemente para a necessidade de um maior nível de eficiência energética em edificações.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (2005). *Desempenho térmico de edificações. NBR 15220*. Rio de Janeiro: ABNT.
- ASTE, N. et al. (2018). *Glazing 's techno-economic performance: A comparison of window features in office buildings in different climates*. *Energy and Buildings*. V. 159, p.123-135.
- BERARDI, U. (2015). *Building energy consumption in US, EU, and BRIC countries*. *Procedia Engineering*. V.118, p. 128 – 136.
- BRASIL (2015). *Anuário estatístico de energia elétrica 2015 - ano base 2014*. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética.
- BRASIL (2014). *Instrução normativa Nº 2. Ministério do Orçamento, Planejamento e Gestão. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação*. Disponível em: <<http://www.comprasgovernamentais.gov.br/paginas/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-2-de-4-de-junho-de-2014>>
- BRASIL (2013). *Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.
- CORNETET, M. C. (2009). *Recomendações para especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre – RS*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, Brasil.
- FIGUEIREDO, E. C. (2016). *Peles de vidro: otimização do desempenho da luz natural difusa em fachadas envidraçadas*. Tese de doutorado. (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Presbiteriana Mackenzie, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. São Paulo, Brasil.
- GAMMARANO, B. (1992). *As fachadas de vidro e o modernismo: uma reflexão*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Rio de Janeiro, Brasil.
- KONTOLEON, K. J.; BIKAS, D. K. (2002). *Modeling the influence of glazed openings percentage and type of glazing on the thermal zone behavior*. *Energy and buildings*. V. 34, p.389-399.
- LAM, J. C. (2000). *Energy analysis of commercial buildings in subtropical climates*. *Building and Environment*. V. 35, p. 19-26.
- LIMA, F. A. A. (2010). *Ética e estética nas arte, arquitetura e urbanismo contemporâneos – uma crítica realista*. In: *Pós*. v.14, n.28, p.158-181. São Paulo: FAUUSP.
- MACIEL, L. F. (2011). *Análise de sensibilidade do indicador de consumo frente às variáveis das equações do RTQ-C*. Relatório PROBIC/FAPEMIG. Viçosa: UFV.
- MIRRAHIMI, S. et al. (2016). *The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V.53, p. 1508–1519.
- OMRANY, H. et al. (2016). *Application of passive wall systems for improving the energy efficiency in buildings: a comprehensive review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V.62, p. 1252-1269.
- PEREIRA, E. G. S. A. (2007). *Caracterização ótica de vidros e películas de proteção solar utilizados na construção civil e sua relação com o conforto ambiental*. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Universidade Federal de Goiânia, Escola de Engenharia Civil. Goiânia, Brasil.
- PRIETO, A. et al. (2018). *Passive cooling & climate responsive façade design: exploring the limits of passive cooling strategies to improve the performance of commercial buildings in warm climates*. *Energy and Buildings*. V.175, p. 30-47.

- 
- SANG, X. et al. (2014). *Informing energy-efficient building envelope design decisions for Hong Kong. Energy Procedia*. V. 62, p. 123 – 131.
  - WANG, S.; YAN, C.; XIAO, F. (2012) *Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings. Energy and Buildings*. V. 55, p. 873–888.

## LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA COMO APORTE A LA EDIFICACIÓN SOSTENIBLE

Matías Ortega ([mateduortega@hotmail.com](mailto:mateduortega@hotmail.com)); Alejandro Hernández ([alejoher65@gmail.com](mailto:alejoher65@gmail.com))

Universidad Nacional de Tucumán (UNT-FAU) - Arg.

Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Exactas (UNSa-FCE) - Arg.

**Palabras clave:** Tecnologías sociales, Comunidades locales, Permacultura, Ambiente construido.

*El mundo contemporáneo exige rediseñar los modos de producción, principalmente los del ambiente construido, puesto que la industria de la construcción se destaca entre aquellas que más emisiones contaminantes genera. En la búsqueda de arquitecturas sostenibles, la consideración de los materiales incorporados en ellas resulta de gran relevancia. Diferentes colectivos sociales alrededor del mundo vienen revalorizando la tierra como un material que aporta a la configuración de asentamientos humanos más sensibles con los entornos, tanto por sus características intrínsecas, como por las dinámicas sociales, culturales y productivas que se generan a partir de su utilización.*

*Este trabajo tiene por objetivo conocer el material tierra desde el enfoque de los nuevos paradigmas para componer edificaciones sostenibles, a la vez que se busca analizarlo desde la perspectiva de las tecnologías sociales, de mucho valor para el desarrollo de territorios y comunidades locales. La metodología consistió en el relevamiento bibliográfico. Se utilizaron también procedimientos propios de una investigación cualitativa, como la observación en territorio y entrevistas a referentes de estudios de arquitectura y a constructores y técnicos de cooperativas de trabajo y comunidades indígenas en la provincia de Tucumán, Argentina, quienes incorporan diferentes técnicas basadas en la tierra para la materialización de edificaciones.*

*Los resultados sugieren que el desarrollo e implementación de tecnologías constructivas que incorporan la tierra podría reducir los impactos de la industria, a la vez que serviría a los paradigmas emergentes a nivel global respecto a los modos de producción del hábitat humano.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El mundo contemporáneo se caracteriza por su nivel de complejidad y transformación permanente. Se lo puede definir como “energívoro”, pues el patrón de desarrollo dominante, sujeto al paradigma del crecimiento sostenido, requiere de grandes volúmenes de materia y energía; aquella de origen fósil posibilita el ritmo frenético de la civilización global. Varios son los efectos antrópicos sobre la Tierra, destacándose el cambio climático como el más dramático, tanto por la escala planetaria de su alcance como por el riesgo que supone para la reproducción y supervivencia de los distintos ecosistemas, tal como los conocemos hoy.

Es esto lo que lleva a muchos autores a hablar en términos de “crisis civilizatoria”, a la vez que se observa la emergencia de nuevos paradigmas, fundados en el desarrollo de la ciencia y en el fortalecimiento de las identidades indígenas, sus cosmovisiones y prácticas.

David Holmgren, por su parte, observa una cultura humana dominada por la competencia en lugar de la cooperación, y se manifiesta por un “descenso energético hacia una sociedad sustentable” (Holmgren, p. 95).

### 1.1. Ambiente construido y sostenibilidad

El concepto de ambiente construido se refiere a los entornos creados por las sociedades humanas que proporcionan el escenario para sus actividades, y a las relaciones que establecen. Es un campo interdisciplinar y de múltiples escalas, que abarca desde un edificio y sus características internas, hasta ciudades y territorios rurales.

Producto también del desarrollo global que acelera la demanda de recursos materiales y energéticos, presionando sobre los entornos naturales, es el crecimiento acelerado de la urbanización, entendida tanto como el crecimiento cuantitativo de la población urbana, como la influencia cultural que generan las urbes sobre territorios circundantes. La población propiamente urbana ha superado ya el 50 % de la humanidad, y seguirá creciendo. Este proceso no responde a una acción planificada de los Estados, sino que tiene lugar “por la fuerza de los mercados (...), por la oferta de empleo y la elección de millones de pobres en busca de mejores condiciones de vida” (Barros y Camilloni, p. 23), que es un modo de referir a la expulsión rural de masas de población campesina por el desarrollo desigual de la sociedad.

Es así que el ambiente construido se concentra en las ciudades, y refleja claramente el paradigma dominante al que se hizo referencia. La industria de la construcción se destaca entre aquellas que más emisiones genera; es “energointensiva” y de alto coste ambiental. Implica el 10 % del producto bruto mundial, a la vez que “es una de las principales consumidoras de recursos energéticos, absorbiendo entre el 40 % y 50 % de la energía mundial” (López González, p. 23). En Argentina, ella tiene una gran responsabilidad en los desequilibrios ambientales existentes, pues “impacta de manera directa en el 35% de la demanda de energía primaria en el país”, y si se consideran “a los sectores urbanos y a las empresas que producen materiales de construcción, este valor supera el 50% del total” (Czajkowski, 2016). Se define entonces como una de las industrias que más afecta a los territorios por la cantidad de materia y energía que se insume en la producción del ambiente construido, además del persistente consumo energético que se requiere durante la vida útil de los edificios y del impacto al final del ciclo por la naturaleza de los materiales utilizados en su composición.

Es esto lo que derivó, ya desde los tempranos '60, en la búsqueda del uso racional de la energía, y más contemporáneamente en la eficiencia energética, a través del diseño bioclimático y sustentable de edificios, lo que manifiesta la transición epistemológica que vivimos en la actualidad. La contemporaneidad camina hacia soluciones tecnológicas y sociales de bajo impacto, donde el uso eficiente de la energía consumida y la diversificación de la producción energética mediante las energías renovables, tiene cada vez mayor presencia. Conceptos como huella de carbono condicionan la evolución de los sistemas implicados en el desarrollo humano, y van configurando alternativas. Se considera aquí que el concepto de sostenibilidad es parte de este *zeitgeist* o espíritu de época.

En la búsqueda de arquitecturas sostenibles, la consideración de los materiales incorporados en ellas resulta de gran relevancia. Diferentes colectivos sociales alrededor del mundo vienen revalorizando la tierra como un material que aporta a la configuración de asentamientos humanos más sensibles con los entornos, tanto por sus características intrínsecas, como por las dinámicas sociales, culturales y productivas que se generan a partir de su utilización.

## 2. OBJETIVOS

Este trabajo tiene por objetivo conocer el material tierra desde el enfoque de los nuevos paradigmas para componer edificaciones sostenibles, a la vez que se busca analizarlo



desde la perspectiva de las tecnologías sociales, de mucho valor para el desarrollo de territorios y comunidades locales.

En este sentido, se busca poner en valor a la tierra, entendiendo que las tecnologías constructivas que la incorporan son amigables con el ambiente y el paisaje, posibilitando su aplicación en viviendas populares. De este modo colaboran en el uso eficiente de los recursos disponibles, y, por lo tanto, en la configuración de hábitats más sostenibles.

### 3. METODOLOGÍA

La metodología consistió en el relevamiento bibliográfico. Se buscó indagar en las relaciones existentes entre la construcción en tierra y los nuevos paradigmas. Se utilizaron también procedimientos propios de una investigación cualitativa y el método empírico-analítico, como la observación de prácticas de estudios de arquitectura, de constructores y técnicos de cooperativas de trabajo y de comunidades indígenas en la provincia de Tucumán, Argentina, quienes incorporan diferentes técnicas basadas en la tierra para la materialización de edificaciones.

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. La construcción en tierra en el marco de los cambios de paradigmas

El término *paradigma* ha crecido desde el sentido original que Thomas Kuhn le diera en su obra de 1962, *La estructura de las revoluciones científicas*, y rebasado ampliamente sus marcos. De manera general, es un modo de entender y vivenciar la realidad, similar al concepto de *cosmovisión* o *espíritu de época*, que se constituye en un patrón manifiesto en diferentes campos. Para Llamazares,

los paradigmas se refieren a grandes configuraciones simbólicas, de naturaleza cognitiva, valorativa y emocional, que regulan las maneras de atribuir sentido y significado a las cosas, dentro de una comunidad humana a lo largo de cierto período histórico. También pueden ser vistos como grandes matrices conceptuales que operan a la manera de marcos necesarios para la producción de conocimiento, tanto científico como de otros tipos (Llamazares, p. 49).

La crisis de la modernidad cuestionó la noción de crecimiento indefinido, considerada intrínseca a un modelo de desarrollo a seguir. Con el advenimiento de la posmodernidad y la crisis del petróleo, se fue ganando conciencia de los límites de la tierra, atravesando los 70 en discusiones sobre nociones de desarrollo. La finitud de los recursos y la necesidad de hacer un uso eficiente de ellos, llevó al desarrollo de tecnologías menos contaminantes, y a la valoración de aquellas tradicionales o históricamente situadas (vernáculos).

En este contexto de época tomó visibilidad el material tierra para la construcción. La obra de Hassan Fathy, de ya varios años, resultó ineludible. Su libro "Arquitectura para los pobres" (1969), es un reconocimiento del valor de las arquitecturas populares en Egipto, no solo por sus configuraciones espaciales respecto a los usos locales, sino por la incorporación del adobe como material para la resolución de muros y techos mediante bóvedas y cúpulas. Formó parte también del movimiento *Ekística*, entendido como ciencia del hábitat o ciencia de los establecimientos humanos, desarrollando técnicas que solucionen problemas inherentes al lugar que se trate, incluso recuperando saberes antiguos.

A la arquitectura solar y luego bioclimática, le siguieron los conceptos más integrales de arquitectura sustentable, arquitectura natural, bioconstrucción o biotectura. Para el despliegue de estos términos sirvieron algunas obras significativas. Una de ellas, el libro *Manual del arquitecto descalzo* (también *Cantos del arquitecto descalzo*), escrito en 1980 por Johan van Lengen, es una referencia obligada. Este arquitecto sostiene que el libro surgió de observar que lo que se aprende en las escuelas de arquitectura sirve poco a la hora de resolver necesidades concretas en contextos de vulnerabilidad, y hace referencia a

la dependencia cultural que estos sectores tienen respecto a las clases medias. Esta obra surgió de la vocación de vincular la arquitectura al entorno inmediato, sistematizando y poniendo en valor saberes populares o vernáculos. En el capítulo *materiales* sostiene que “casi todos los tipos de tierra sirven para la construcción de muros” y que puede usarse la tierra del lugar agregando “más arcilla cuando es pobre o añadiendo arena cuando es demasiado rica” (van Lengen, p. 118). Los principios desarrollados en este libro lo llevaron a fundar en 1987, junto al también arquitecto Valdo Felinto, el Instituto de Tecnología Intuitiva e Bio-Arquitectura (TIBÁ, que en idioma tipi quiere decir ‘lugar de encuentro’), en Brasil, que sirve de referencia todavía hoy.

También contribuyó en gran medida la emergencia del concepto *permacultura*, ideado por los australianos Bill Mollison y David Holmgren a mediados de los 70. El concepto refiere a la *cultura permanente* y evolucionó hacia un sistema de principios de diseño holístico para crear hábitats humanos sostenibles. Propone un sistema social, político y económico basado en el ecosistema natural. La Flor de la Permacultura muestra, en cada uno de sus pétalos, los ámbitos clave que requieren transformación, aplicando principios éticos y de diseño.



Figura 1. La Flor de la Permacultura, Holmgren p. 43

En el campo del ambiente construido, la permacultura propone trabajar con la bioarquitectura, recurriendo a materiales de construcción naturales y a la autoconstrucción.

En su libro *Permacultura. Principios y senderos más allá de la Sustentabilidad*, Holmgren sostiene que “la crisis petrolera de los años 70 coincidió con las nuevas aproximaciones a la construcción con menor consumo energético, surgidas en parte del movimiento contracultural de la autoconstrucción y la conciencia de la arquitectura nativa” (Holmgren, p. 292), y que la arquitectura ecológica deberá reflejar los patrones biorregionales en la transición del crecimiento al descenso energético.

Este autor propone entender “los cambios en el ambiente construido como procesos orgánicos ante el descenso energético, porque las construcciones diseñadas para un consumo energético alto tendrán que ser adaptadas progresivamente a nuevos usos con recursos limitados”. Respecto a este punto, sostiene que, en lugar de buscar construir siempre cosas perdurables, la estrategia de usar opciones más económicas, abundante y renovable tiene su mérito, pues “evita el desperdicio de materiales valiosos o costosos cuando no se les necesita, y se adapta a los efectos inexorables de la entropía al fluir con la corriente” (Holmgren, p. 427). Se entiende así la recurrencia de comunidades permaculturales que en todo el mundo recurren a diferentes técnicas de construcción en tierra para materializar sus edificios.

#### **4.2. La construcción en tierra como una tecnología social**

En 1973, Ernst “Fritz” Schumacher publicó el libro *Lo pequeño es hermoso: economía como si la gente importara*, el año de la crisis del petróleo que evidenció la enorme dependencia del paradigma de crecimiento y de progreso de recursos limitados. Esta obra critica la tecnología moderna, centralizada, de gran escala y técnicamente compleja que se aplica en los países del tercer mundo, y que no hace sino generar mayor dependencia. Frente a éstas, valora las tecnologías apropiadas, tecnologías adecuadas o tecnologías intermedias. Estas se definen por ser: “de escala pequeña, simples en su aplicación y mantenimiento, utilizan mano de obra intensiva en lugar de capital o energía intensivas, utilizan recursos locales y sostienen los mercados locales” (Holmgren, p. 345). Estas tecnologías locales o vernáculas recurren a materiales del lugar y los modos y procesos de producción intrínsecos a una comunidad.

Más recientemente se incorporó el concepto de tecnología social. Siguiendo a Thomas, se considera tecnología a los productos, a los procesos productivos, y a las formas de organización (social y productiva), y sostiene que “las tecnologías son construcciones sociales tanto como las sociedades son construcciones tecnológicas” (Thomas, p. 1).

A su vez, los estudios sobre las tecnologías sociales hacen foco en la inclusión social, “en el marco de la necesidad de generar nuevas iniciativas con perfil socioeconómico (...), para los sectores menos favorecidos” (Perusset, 2015, p. 75), y se discriminan entre aquellas que las entienden como “transferencias tecnológicas” desde los grupos de investigación y desarrollo (con vocación de colaborar en la resolución de problemas sociales), y entre la perspectiva que las entiende como la co-construcción de conocimiento e innovación de manera conjunta entre una comunidad local y los técnicos especialistas que pudieran intervenir en el proceso. Es así que

el desarrollo de tecnologías sociales (entendidas como tecnologías orientadas a la resolución de problemas sociales y/o ambientales), reviste una importancia estratégica clave para el futuro de América Latina. La inclusión de comunidades y grupos sociales dependerá, probablemente, de la capacidad local de generación de soluciones tecno-productivas tanto adecuadas como eficaces. (Thomas, 2009)

En el campo de la arquitectura, las construcciones vernáculas, por definición, pueden ser consideradas como “tecnologías sociales”, en tanto constituyen la cristalización de saberes locales para solucionar necesidades de cobijo. Al mismo tiempo, se observa una relación entre éstas tecnologías sociales y las llamadas ecotecnias (Romero Litvin, 2010), o

ecotecnología (Ortiz Moreno et al., 2014), y las etnotecnias (López González, 2015), que agrupa a las técnicas y tecnologías que son cuidadosas del ambiente, y que en ocasiones refieren a comunidades locales.

## 5. DISCUSIONES

La construcción en tierra se presenta como una tecnología social de gran valor. Alrededor de ella se establecen rituales sociales que colaboran en el fortalecimiento de los vínculos comunitarios. En América Latina son comunes en sectores campesinos, indígenas y clases medias, bajo prácticas ancestrales o amparadas en la vivencia de la permacultura, que desarrollan mingas, encuentros donde grupos de personas colaboran en la construcción de viviendas o edificios comunitarios. Esta práctica tiene orígenes ancestrales, y la palabra evoca a la tradición andina del trabajo agrícola colectivo en beneficio de toda la comunidad.

Se observa entonces un diálogo entre los saberes y prácticas que recuperan la construcción comunitaria y la tecnología en tierra, lo que da cuenta de la emergencia de paradigmas sensibles con el contexto global y con el desarrollo económico local. Esto explica también la creciente implementación de reglamentaciones y ordenanzas que empiezan a regular la construcción en tierra en distintos municipios del país.

## 5. CONCLUSIONES

El desarrollo e implementación de tecnologías que incorporan la tierra como material podría reducir los impactos de la industria de la construcción, a la vez que serviría a los paradigmas emergentes a nivel global respecto a los modos de producción del hábitat humano.

Se observa limitaciones en el fomento desde las políticas públicas para su despliegue, a la vez que se valora los avances motivados por colectivos sociales organizados que empujan su conformación.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, V. y Camilloni, I. (2016). *La Argentina y el cambio climático. De la física a la política*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Holmgren, D. (2012). *Permacultura. Principios y senderos más allá de la sustentabilidad*. Buenos Aires: Kaicron.
- Llamazares, A. M. (2013). *Del reloj a la flor de loto*. Buenos Aires: Del Nuevo Extremo.
- López González, A. (2015). *Enotécnicas de bajo impacto ambiental*. In: Organización de los Estados Americanos (OEA). *Innovación, ciencia y tecnología para un desarrollo energéticamente eficiente: construcciones verdes*: ECPA. p. 23.
- López González, A. (2015). *Las etnotecnias y el uso de la tierra*. In: 15° SIACOT. Ecuador. Disponible en: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6085996.pdf>>
- Ortiz Moreno, J. A.; Masera Cerutti, O. R.; Fuentes Gutiérrez, A. F. (2014). *La ecotecnología en México*. Disponible en: <<http://ecotec.cieco.unam.mx/Ecotec/wp-content/uploads/La-Ecotecnolog--a-en-M--xico-ENE-2015-BR.pdf>>
- Perusset, M. (2015). *Tecnologías sociales y dinámicas socioculturales*. In: *Revista del Cisen Tramas/Maepova Vol. 3 – Nº 2*. E-ISSN 2344-9594. Octubre de 2015. Disponible en: <<http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/cisen/index>>
- Thomas, H. (2009). *Tecnologías para la inclusión social y políticas públicas en América Latina*. Grupos de Estudios Sociales de la Tecnología y la Innovación. IESCT/UNQ – CONICET. Disponible en <<http://www.redtisa.org/Hernan-Thomas-Tecnologias-para-la-inclusion-social-y-politicas-publicas-en-America-Latina.pdf>>.

- 
- Romero Litvin, N. (2010). *Manual básico de ecotecnias. Un acercamiento a las ecotecnias y buenos hábitos. Disponible en: <<http://www.caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/Manual.basico.de.ecotecnias.pdf>>*
  - Van Lengen, J. (1982). *Manual de un arquitecto descalzo. Pax Mexico.*



## ZEOLITA COMO PUZOLANA EN HORMIGONES, COMPORTAMIENTO ANTE INDICADORES DE DURABILIDAD POR CORROSIÓN.

*Bárbara Belén Raggiotti (belenraggiotti@gmail.com); Ángel Oshiro (oshiroangel@gmail.com); Malena del Valle Monetti (malenammonetti@gmail.com); María Soledad Gómez Lorenzini (mgomezl@uc.cl); Rosa Carina Andrada (rosacarinandrada@gmail.com)*

Pontificia Universidad Católica de Chile. Escuela de Construcción Civil (PUCC) - Arg.  
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC) - Arg.

**Palabras clave:** durabilidad, corrosión, hormigón, zeolita.

*El hormigón es un material extremadamente complejo y su comportamiento en servicio depende de los materiales utilizados, de los procesos de elaboración, de la estructura de la cual forma parte y del medio ambiente que lo rodea. En las estructuras de hormigón armado el proceso de degradación más frecuente es la despasivación y posterior corrosión de las barras de acero de la armadura. Ello puede producirse por dos procesos: la carbonatación del hormigón de recubrimiento y/o la presencia de iones cloruro.*

*La carbonatación es un proceso químico en el cual el CO<sub>2</sub> atmosférico difunde y penetra en los poros capilares del hormigón donde se combina formando carbonatos provocando la neutralización de la pasta de cemento y posteriormente la corrosión.*

*Por otra parte cuando los cloruros en el líquido de poros superan una cierta concentración denominada umbral crítico, la película pasiva formada sobre la superficie del metal, se altera. Esto da origen a la formación de una celda electroquímica en la cual el área alterada actúa como ánodo, iniciándose el proceso de corrosión.*

*La durabilidad del hormigón está vinculada con la capacidad de transporte de soluciones a través de la red de capilares, y para reducirla puede recurrirse a los materiales puzolánicos adicionados a las mezclas de hormigón que disminuyen la porosidad y aumentan la durabilidad. Por lo tanto, la primera línea de defensa contra la corrosión es la disminución o el impedimento de la penetración de agua, oxígeno, dióxido de carbono y sales de la superficie de hormigón hacia la armadura.*

*Este trabajo presenta los resultados en hormigones con remplazo parcial del cemento por zeolita, ante parámetros de durabilidad relacionados al deterioro por corrosión. Se evaluó resistencia a compresión, absorción, capacidad y velocidad de succión capilar, permeabilidad al aire y profundidad de penetración de cloruros y de carbonatación.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras de hormigón generalmente se diseñan para una vida en servicio de 50 años, sin embargo muchas estructuras en ambientes urbanos y marinos comienzan a deteriorarse al cabo de 10 a 20 años o en algunos casos a menor edad (Irassar, 2012). El hormigón, por su parte, es un material extremadamente complejo y su comportamiento en servicio depende los materiales utilizados, de los procesos de elaboración, de la estructura de la cual forman parte y del medio ambiente en la cual se encuentra emplazada.

Teniendo en cuenta los crecientes problemas de degradación prematuros observados en las estructuras, las nuevas necesidades competitivas y las exigencias de sustentabilidad en el sector de la construcción civil, se observa que en las últimas dos décadas existe una tendencia mundial a privilegiar los aspectos de proyecto referentes a la durabilidad y a la

extensión de la vida útil de las estructuras de hormigón armado (Farias de Medeiros et al., 2011).

La durabilidad del hormigón está vinculada con la capacidad de transporte de soluciones a través de la red de capilares. Ésta puede reducirse utilizando materiales puzolánicos adicionados a las mezclas de hormigón con cemento pórtland ya que reaccionan con la portlandita formando nuevos silicatos de calcio hidratados, disminuyendo la porosidad y en consecuencia aumentando la durabilidad de las estructuras de hormigón (Raggiotti et al., 2013).

La zeolita, dado su carácter de puzolana favorece el proceso de hidratación del cemento a largo plazo, como consecuencia de su mayor capacidad de intercambio catiónico que otras puzolanas naturales y su estructura porosa que retiene agua, por lo que en estado endurecido, contribuye a mejorar las resistencias a compresión como producto de su actividad puzolánica y del refinamiento de los poros (Raggiotti et al., 2012). Las potenciales desventajas de la aplicación de las zeolitas naturales pueden ser atribuidas al hecho común relativo a la mineralogía, dado que en general son mezclas minerales donde la fase zeolítica suele ser un constituyente variable.

Pereira (2001), destaca que los principales factores que determinan la formación de la estructura de poros del hormigón, que tiene influencia en la facilidad con que los fluidos, líquidos o gases penetran y se transportan en el hormigón, son el tipo de cemento, la relación agua/cemento, el grado de hidratación, el tenor y tipo de adición y la presencia de microfisuras o fisuras.

En los hormigones armados, la durabilidad frente a procesos de corrosión de armadura depende de la clase de exposición que induce en la armadura procesos de corrosión. Éstos pueden ser procesos de carbonatación y/o procesos que tienen su origen en la actuación de cloruros.

La carbonatación es un proceso químico en el cual el CO<sub>2</sub> atmosférico (~0.03 % en volumen), difunde y penetra en los poros capilares del hormigón donde se combina con el agua presente formando ácido carbónico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), el cual reacciona con los hidróxidos alcalinos de sodio, potasio y calcio, formando carbonatos (Da Silva et al., 2009), disminuyendo el pH hasta valores menores a 9. En consecuencia, provoca la neutralización de la pasta de cemento y posteriormente la corrosión de la armadura. Este mecanismo de reacción está controlado por un paso difusional, a una velocidad tal que se requieren años para observar el fenómeno por condiciones naturales de exposición (Raggiotti et al., 2018)

La reacción de carbonatación comienza en las capas superficiales y avanza progresivamente para el interior del hormigón. La pasivación está asegurada mientras el pH no baje de 9.

Por otra parte, el proceso de corrosión también puede iniciarse como consecuencia del ingreso de iones cloruros. Cuando el hormigón alcanza ciertos niveles críticos de elementos corrosivos en su estructura, el acero de la armadura se despasiva dando lugar al proceso de corrosión, generando reacciones expansivas, con material que es de 2 a 10 veces más voluminoso que el acero original. Este fenómeno genera tensiones que cuando sobrepasan la tensión de tracción del hormigón circundante provoca su agrietamiento y fragmentación (Vera et al., 2013).

Los cloruros pueden incorporarse al hormigón con los materiales componentes y por procesos de transporte (difusión, permeabilidad, absorción capilar) cuando el material se encuentra expuesto a atmósferas, aguas, o suelos húmedos que los contengan. Los iones cloruros, se trasladan a través de los poros capilares del hormigón húmedo, siendo capaces

algunos de ellos (los cloruros ligados) de fijarse, ya que el hidróxido de calcio tiene capacidad química y física para que esto ocurra (Traversa, 2012).

Evidentemente, aquellos hormigones con poco recubrimiento, permeables o porosos, son más propensos a la oxidación de las armaduras ya sea por carbonatación o por cloruros.

Por lo que, al incorporar a los hormigones zeolita; la estructura rugosa y porosa de ésta, así como su gran área superficial, crean una estructura de la pasta de las mezclas que contienen formas y vacíos más complejos que la mezcla referencia causados por el crecimiento de la estructura cristalina en todas las direcciones (Yilmaz et al., 2007). Éste fenómeno en general, se manifiesta en una microestructura de la pasta de cemento más compacta y menos porosa y por ende menos propensa a la oxidación de las armaduras en estructuras de hormigón realizadas con estas mezclas.

Considerando los conceptos anteriores, en este trabajo se presentan los resultados del diseño, elaboración y evaluación de hormigones con la incorporación de un material no tradicional, la zeolita, como reemplazo parcial de parte del cemento, ante parámetros de durabilidad relacionados con el deterioro por corrosión.

## 2. OBJETIVOS

Se plantea como objetivo general analizar el comportamiento de hormigones estructurales que tienen zeolita en reemplazo parcial de cemento ante parámetros indicadores de durabilidad relacionados con fenómenos de corrosión de armaduras.

Los objetivos específicos son determinar:

- Resistencia a compresión a 7, 28 y 90 días
- Capacidad de absorción del hormigón endurecido
- Capacidad y velocidad de succión capilar
- Permeabilidad al aire
- Profundidad de carbonatación
- Profundidad de penetración de cloruros

## 3. PLAN EXPERIMENTAL

### 3.1. Materiales

Los materiales utilizados son de la provincia de Córdoba, Argentina, a excepción de la zeolita que es procedente de la zona de Pagancillo, en la provincia de La Rioja, Argentina.

#### 3.1.1. Cemento

Se utilizó cemento Pórtland compuesto, resistencia mínima de 40 MPa a los 28 días y densidad de 3,10 kg/m<sup>3</sup>.

#### 3.1.2. Zeolita

La zeolita es un mineral con Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y SiO<sub>2</sub> reactivos, con propiedades puzolánicas. Tiene una densidad de 2,13 kg/m<sup>3</sup> y una Superficie Específica Blaine de 234 m<sup>2</sup>/kg. Su granulometría es heterogénea con 40.62% de partículas de tamaño mayor a 1000 µm, y 59.38% de partículas con tamaño menor o igual a 1000 µm. En la tabla 1 se presenta la composición química del material zeolítico determinado por fluorescencia de rayos X. En la figura 1 se presenta el patrón de DRX de la zeolita y en la figura 2, una imagen mediante SEM de los cristales laminares de zeolita.

**Tabla 1.** Composición química (%) del material puzolánico determinada por FRX (LOI: Pérdida de ignición)

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	S	Total
------------------	------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----	-----	-----	-------------------	------------------	-------------------------------	-----	---	-------



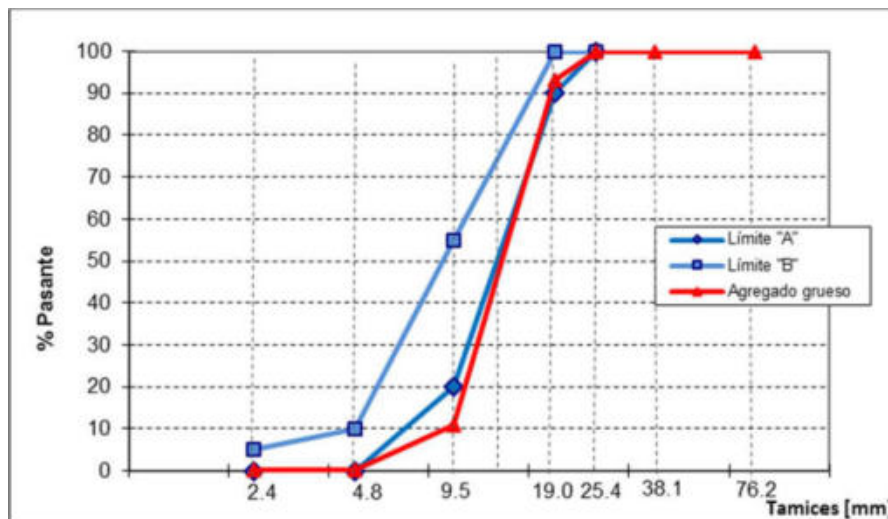


Figura 3. Granulometría agregado grueso

### 3.1.4. Agregado Fino

El agregado fino es una arena mezcla que cumple con curvas límites de norma. El módulo de fineza es de 3,10, con una densidad relativa de 2,68 y una absorción de 1,0%. En la figura 4 se presenta la granulometría del agregado fino.

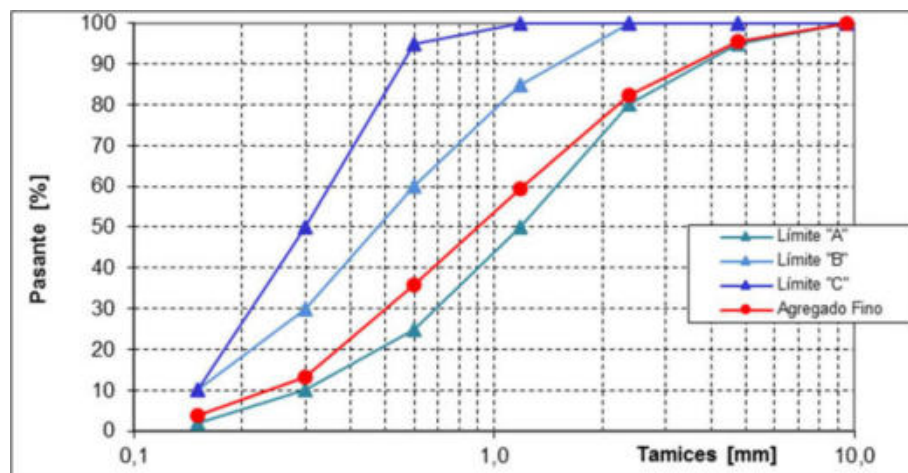


Figura 4. Granulometría agregado fino

### 3.1.5. Aditivo

El aditivo empleado fue un plastificante para hormigón de base química de lignosulfonatos que cumple con norma IRAM 1663 (2002) y con los requisitos ASTM C494 (1999) para aditivos tipo A, reductores de agua. La dosis utilizada fue de 0.35% de peso de material aglomerante (cemento más zeolita).

### 3.1.6. Agua

Se utilizó agua de red que cumple con los requisitos establecidos en el Reglamento CIRSOC 201 y en la norma IRAM 1601 (2012).

## 3.2. Dosificación

En la tabla 2 se presentan las dosificaciones. Los distintos hormigones corresponden a distintos porcentajes de reemplazo de cemento por zeolita natural. Se designó cada mezcla con dos letras y un número. La primera letra es la "Z" que corresponde a zeolita, la segunda letra hace referencia al tipo de cemento empleado, C para cemento compuesto. El número indica el porcentaje de reemplazo en peso de cemento por zeolita en la mezcla.



Tabla 2. Dosificación de materiales para un m<sup>3</sup> de hormigón

Material	ZC0	ZC5	ZC10	ZC15	ZC20
Cemento [kg]	450,0	427,5	405,0	382,5	360,0
Agua [kg]	185,0	185,0	185,0	185,0	185,0
Zeolita [kg]	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0
Agregado Grueso [kg]	980,0	975,0	970,0	965,0	960,0
Agregado Fino [kg]	847,0	842,0	838,0	834,0	829,0
Aditivo plastificante [kg]	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Relación a/c	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51
Relación a/ma	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41

### 3.3. Ensayos

#### 3.3.1. Resistencia a compresión axial

La resistencia a compresión axial fue evaluada entendiendo que es la propiedad más empleada para el cálculo de estructuras y el control de calidad por los proyectistas e ingenieros y es una referencia del material en la industria de la construcción. Se evaluó la resistencia a compresión según norma IRAM 1546 (2013).

#### 3.3.2. Capacidad de absorción

La absorción como parámetro, implica la capacidad que tiene el material de retener agua. Al ser el hormigón un material poroso, tanto el volumen, tamaño y distribución de los poros y sus características, regulan la rapidez con que el hormigón absorbe agua y otros líquidos o gases y su permanencia en los mismos. Se determinó la absorción de los hormigones en estado endurecido a los 28 días según norma ASTM C642 (2013).

#### 3.3.3. Capacidad de succión capilar

La capacidad de succión capilar del hormigones un parámetro asociado con la durabilidad de las estructuras de hormigón. Se determinó estas propiedades según norma IRAM 1871 (2004).

#### 3.3.4. Permeabilidad al aire

La permeabilidad al aire mide el aire presente en los poros del hormigón. Una medida de permeabilidad al aire alta implica una gran cantidad de aire en los poros, es decir un gran volumen de poros. Por lo tanto, la permeabilidad al aire en hormigones nos brinda información sobre la porosidad de esos hormigones; esto hace importante medir este parámetro como indicador de la durabilidad del material. Se determinó la permeabilidad al aire según norma Suiza SIA 262/1-E (2003) y con el equipo Permea-TORR.

#### 3.3.5. Profundidad de carbonatación

La profundidad de carbonatación se determinó a través del método colorimétrico que utiliza una solución de fenolftaleína. La carbonatación fue medida en los hormigones luego de ser expuestos a una cámara de carbonatación acelerada, saturada en CO<sub>2</sub> con temperatura y humedad controlada (20°C y 50-60%).

#### 3.3.6. Penetración de cloruros

Los hormigones se expusieron a una solución de agua de mar y se midió la profundidad de penetración de cloruros según método colorimétrico de teñido con solución de nitrato de plata.

La profundidad de penetración se observó en láminas de probetas de 1,0 cm de espesor que, luego de aplicarles una solución de nitrato de plata, dejarla reaccionar por un minuto y posterior rociado con dicromato de potasio adquirieron una coloración color terracota ante la ausencia de cloruros, y una coloración blanca amarilla ante la presencia de cloruros.

#### 4. RESULTADOS

A continuación se presenta lo siguiente:

- Figura 5: Resistencia a compresión axial a 7, 28 y 90 días.
- Tabla 3: Absorción, velocidad de succión capilar y permeabilidad al aire a los 28 días.
- Figura 6: Capacidad de succión capilar a los 28 días.
- Figura 7: Profundidad de carbonatación a 24, 48 y 120 hs después de estar en cámara de carbonatación acelerada.
- Figura 8: Cambio de coloración de las muestras por presencia de cloruros.

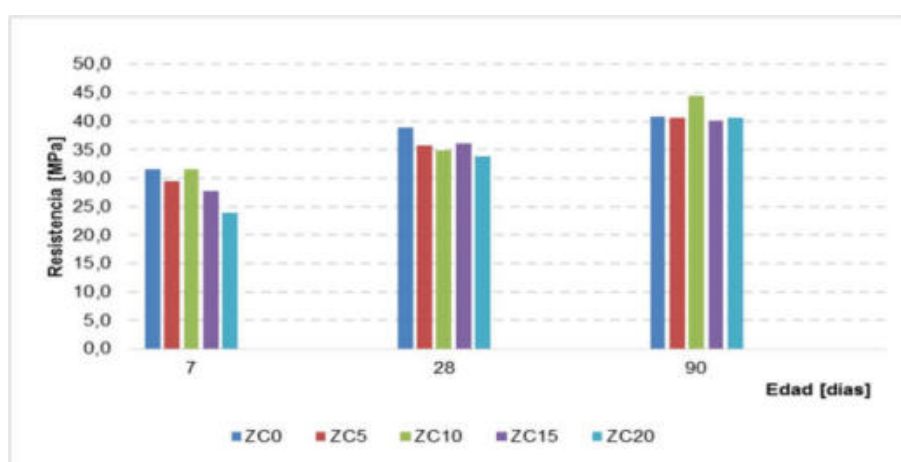


Figura 5. Resistencia a compresión

Tabla 3. Absorción, velocidad de succión capilar y permeabilidad al aire

	ZC0	ZC5	ZC10	ZC15	ZC20
Absorción [%]	6,7	7,3	7,9	6,7	7,3
Velocidad de succión capilar [gr/m <sup>2</sup> .seg <sup>1/2</sup> ]	28,3	33,2	34,1	35,9	34,4
Permeabilidad (kT) [.10 <sup>-16</sup> .m <sup>2</sup> ] y tipo de permeabilidad	1,275 Alta	1,160 Alta	1,500 Alta	1,255 Alta	1,225 Alta

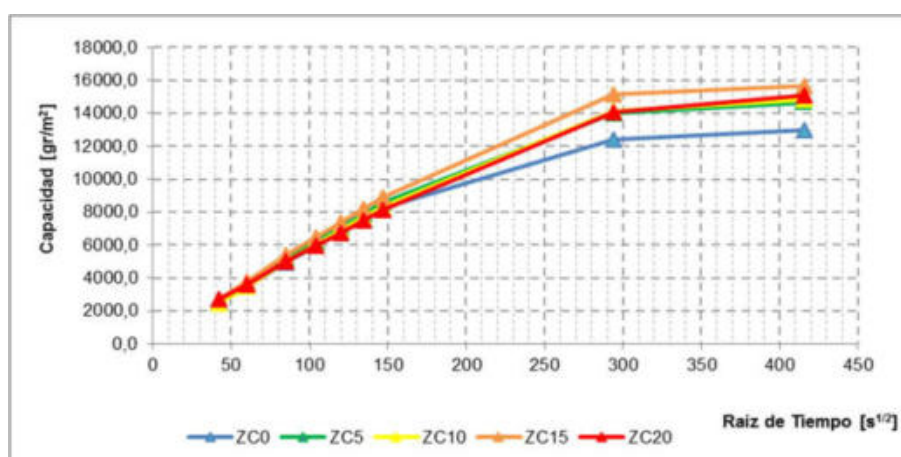


Figura 6. Capacidad de succión capilar

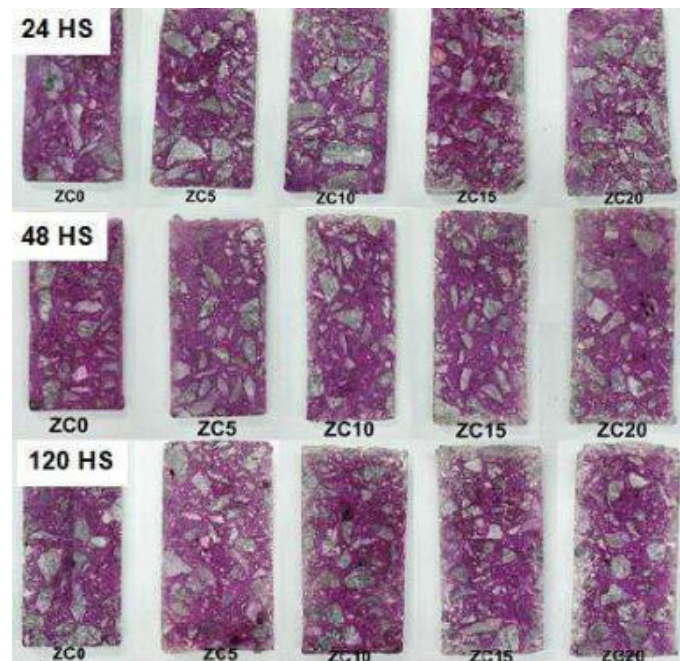


Figura 7. Probetas sometidas a carbonatación acelerada

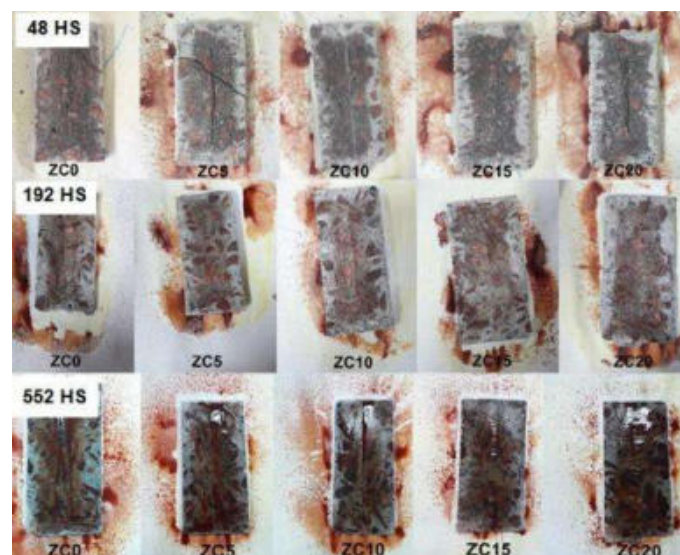


Figura 8. Probetas expuestas a cloruros

## 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A los 7 días la resistencia a compresión de todas las mezclas alcanza o supera los 24 MPa, siendo el mínimo valor el de la mezcla ZC20 de 24 MPa y el valor máximo de 31,6 MPa (ZC0), es decir una diferencia del 24,5%. A los 28 días la diferencia entre hormigón referencia (ZC0) y hormigón con máximo reemplazo (ZC20) es de sólo 13,1%, evidenciándose la acción puzolánica de la adición en el tiempo. Siendo esta aún mayor a los 90 días donde la diferencia es apenas el 0,6%. Se destaca que con un reemplazo del 20% de cemento por zeolita natural a los 90 días se alcanza un hormigón con una resistencia característica de 40,6 MPa. Analizando la ganancia de resistencia por kilo de cemento a los 90 días, para el ZC0 es de 0,09 MPa/kg y para el ZC20 de 0,11 MPa/kg, demostrando la mayor ganancia de resistencia en el tiempo en relación al consumo de cemento.

Los resultados de absorción de los hormigones con zeolita presentan valores similares entre sí. Con una máxima variación entre valores mínimos (ZC0) y máximo (ZC10) de 14,5%.

En cuanto a la capacidad de succión en los hormigones, éstas fueron similares entre sí, y con un incremento a mayor porcentaje de reemplazo de zeolita hasta el 15%. Para ZC20 la capacidad de succión ( $7027 \text{ gr/m}^2$ ) se encontró entre los valores del ZC5 ( $6985 \text{ gr/m}^2$ ) y ZC10 ( $7069 \text{ gr/m}^2$ ). Las velocidades de succión capilar resultaron todas superiores al límite fijado por CIRSOC 201(2005) de  $4,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$  para hormigones de estructuras que estarán sometidas a las clases de exposiciones A2, A3, CL, M1, M2, M3, C1, C2, Q1, Q2 y Q3.

Analizando la profundidad de carbonatación, se observa que cuando se aplica la solución de fenolftaleína, en general, existe una zona perimetral no coloreada y la zona interior que ha cambiado de color, aún no carbonatada. La profundidad de penetración promedio de la carbonatación acelerada en los distintos hormigones al resultar poco uniforme y a la vez nula en muchos casos, provocó que se realice un análisis cualitativo de las muestras. Se observó un aumento de la profundidad al aumentar el porcentaje de reemplazo de cemento por zeolita; a su vez se evidenció el mismo aumento a mayor tiempo de exposición al  $\text{CO}_2$ .

A medida que se incrementa el porcentaje de zeolita, aumenta el frente carbonatado debido a la presencia de mayores cantidades de hidróxido de calcio en la adición, posible de reaccionar para formar el frente carbonatado. Estos resultados concuerdan con los expuestos por Dopico Montes de Oca et al. (2009). Cabe destacar que las reacciones puzolánicas pueden reducir la reserva alcalina debido al consecuente consumo de hidróxido de calcio, que es importante para resistir la carbonatación (Pazini Figueiredo y Rocha Meira, 2011).

El estudio de la penetración de cloruros por absorción presentó similar comportamiento que los resultados de absorción y capacidad de succión capilar. A mayor porcentaje de reemplazo mayor profundidad de penetración alcanzada por los cloruros. Lo que no se observa es una mayor profundidad de penetración a mayor tiempo de exposición, al menos para los tiempos de ensayos analizados. Se destaca que en ningún caso se alcanzó una penetración mayor a 1,5 cm. Por lo tanto la protección a la armadura se encuentra aún garantizada al no alcanzarse el espesor de recubrimiento mínimo.

- De los resultados analizados, se desprende que:
- La presencia de la adición modifica las propiedades relacionadas a la permeabilidad del material. Si bien no las cambia de manera sustancial, denota que se produce una modificación de la porosidad del material al incrementarse el reemplazo de la zeolita por cemento en los hormigones.
- Teniendo en cuenta lo expuesto por Pereira (2001), se confirma como la estructura de poros en el hormigón se encuentra afectada por el tenor y tipo de adición presente. Se considera importante seguir estudiando el comportamiento ante la incorporación de la zeolita como adición y no como reemplazo. Lo cual podría llevar a estructuras de pastas más compactas.
- Esto conlleva a que, ante ciertos tipos de exposición si bien se alcanzan resistencias mecánicas del material muy buenas, la durabilidad sea menor que la que brindan hormigones sin reemplazo de cemento por zeolita.
- En el sentido inverso, cuando no haya necesidad de diseño por durabilidad, pero si por resistencia, los hormigones desarrollados resultan técnica y ambientalmente eficientes.
- Por lo que, se considera el uso de zeolita natural una alternativa viable para ser usada en mezclas cementicias, con la ventaja del ahorro económico que implica un menor consumo de cemento acompañado de un menor impacto ambiental para estructuras de baja exposición según Reglamento CIRSOC 201 (2005).



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chung, F.H. (1974). *Quantitative interpretation of x-ray diffraction patterns of mixtures. I. Matrixflushing method for quantitative multicomponent analysis.* *J Appl Crystallogr* 7(6).
- Da Silva, F.G.; Helene, P.; Castro Borges, J.B.L. (2009). *Liborio "Sources of variations when comparing concret carbonation results."* *Journal of materials in civil engineering.*
- Dópico Montes de Oca, J.J.; Martirena Hernandez, J.F.; López Rodríguez, A.; González López. R. (2009). *Effect of lime- zeolite binder on compression strength and durability properties of concrete.* *Revista Ingeniería de Construcción* Vol. 24, Nº 2.
- Farias de Medeiros, M. H.; De Oliveira Andrade, J. J.; Helene, P. (2011). *Capítulo 22. Durabilidade e Vida útil das estruturas de concreto.* En Cechella Isaia, G. (Ed.). *Concreto: ciência e tecnologia.* Vol 1. São Paulo: IBRACON.
- Irassar, F.E. (Ed.). (2012). *Durabilidad del hormigón estructural. Segunda Edición. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.*
- Norma ASTM C494. (1999). *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.*
- Norma ASTM C642. (2013). *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete.*
- Norma IRAM 1546. (2013). *Hormigón de cemento. Método de ensayo de compresión. Cement concrete. Compression test method.*
- Norma IRAM 1601. (2012). *Agua para morteros y hormigones de cemento. Water for mortars and cement concretes.*
- Norma IRAM 1663. (2002). *Hormigón de cemento. Aditivos químicos. Concrete. Chemical admixtures.*
- Norma IRAM 1871. (2004). *Hormigón. Método de ensayo para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido. Concrete. Test method for determination the water capacity and the capillary suction speed of the hardened concrete.*
- Norma Suiza SIA 262/1-E. (2003). *Construction en béton – Spécifications complémentaires", Annexe E: Perméabilité à l'air dans les Structures.*
- Pazini Figueiredo, E.; Rocha Meira, G. (2011). *Capítulo 26. Corrosao das armaduras das estruturas de concreto.* En Cechella Isaia, G. (Ed.). *Concreto: ciência e tecnologia.* Vol 1. São Paulo: IBRACON.
- Pereira, V. G. A. (2001). *Avaliação dos Coeficientes de Difusão de Cloretos em Concretos: Influência do Tipo de Cimento, da Relação a/c, da Temperatura e do Tempo de Cura. (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre.*
- Raggiotti, B.B.; Positieri, M.J.; Oshiro, A. (2013). *Durabilidad del hormigón con adiciones: importancia de sus indicadores. 1º Congreso ALCONPAT Argentina 2013. Patología, control de calidad y rehabilitación en la construcción.*
- Raggiotti, B.B.; Positieri, M.J.; Parola, M.P.; Rautenberg, D.P.; Romero, A. (2012). *Influencia de las adiciones activas en la durabilidad del hormigón. El cómo y el por qué. SINCO 2012. 5 Simposio Internacional sobre concretos especiales.*
- Raggiotti, B.B.; Schutz, B.; Rodríguez, T.; Segura, A.; Sánchez, C. (2018). *Desarrollo, construcción y puesta en funcionamiento de cámara de carbonatación acelerada. 8º Jornadas de Ciencia y Tecnología. CyTAL 2018.*
- Reglamento CIRSOC 201. (2005). *Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. INTI.*
- Vera, R.; Román, J.; Puentes, M.; Bagnara, M.; Carvajal, A.M.; Rojas, P. (2013). *Efecto de la difusión de ion cloruro en el comportamiento de acero galvanizado en estructuras de hormigón armado. Resultados preliminares. Revista de la Construcción. Vol 12, Nº1.*



- Traversa, L. P. (2012). Capítulo 5. Corrosión de armaduras en atmosferas rurales, urbanas, marinas e industriales. En Irassar, E. F. (Ed.). *Durabilidad del hormigón estructural, Segunda edición*. 306 páginas. Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón.
- Yilmaz, B.; Uçar, A.; Öteyaka, B.; Uz, V. (2007). *Properties of zeolitic tuff (clinoptilolite) blended portland cement*. *Building and Environment* Vol. 42(11).

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la UTN por el financiamiento al proyecto PID 4715: “Hormigón armado: sustentabilidad de los materiales componentes y durabilidad ante fenómenos de corrosión de armaduras” dentro del cual se desarrolló este trabajo. Y al CINTEMAC, Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba por brindar el espacio para su realización.

Además se agradece a la Dirección de Extensión en Construcción, DECON UC, de la Escuela de Construcción Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile por los aportes brindados en cuanto a ensayos colorimétricos de durabilidad por corrosión.

# BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA ESTABILIZADOS CON CAL: EVALUACIÓN DE DOSIFICACIONES Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Santiago Cabrera ([spcabrera@outlook.com](mailto:spcabrera@outlook.com)); Ariel González ([aagonzal@frsf.utn.edu.ar](mailto:aagonzal@frsf.utn.edu.ar));  
Rodolfo Rotondaro

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF) - Arg.  
Universidad de Buenos Aires, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UBA-FADU) -  
Arg.

**Palabras clave:** bloque de tierra comprimida, suelo-cal, dosificación, resistencia a compresión

*El bloque de tierra comprimida o BTC es un mampuesto de fábrica producido mediante la compresión de tierra empleando prensas diseñadas específicamente para dicha tarea. Si bien el material de base lo constituye la tierra, se admite la adición de estabilizantes para mejorar las características físicas del bloque, aumentando así su resistencia a la compresión y al intemperismo.*

*Es objetivo de este trabajo evaluar la resistencia a compresión de los BTC producidos con tierra de la comuna de Monte Vera estabilizados con cal, y contrastarla con la de sus homólogos sin estabilizar y estabilizados con cemento; a fin de evaluar la factibilidad de reemplazar de manera total o parcial a este último en la fabricación de los BTC, lo cual reduciría significativamente el impacto ambiental y el consumo energético vinculado a su elaboración.*

*Los resultados obtenidos permiten observar que los valores de resistencia a compresión de los BTC estabilizados con cal hidráulica son bajos respecto de los estándares requeridos para este mampuesto.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El bloque de tierra comprimida (BTC) es un mampuesto fabricado mediante el prensado de tierra contenida dentro de un molde, empleando para ello prensas mecánicas o hidráulicas, de accionamiento manual para bajas demandas de producción o automáticas para sistemas industrializados (Fontaine, 2009). Según Salas (1995), el BTC puede ser considerado como un salto tecnológico respecto al tradicional adobe, el cual, sin dejar de mirar por el espejo retrovisor, logra integrarse de manera más acorde a los contextos productivos vigentes en la actualidad, empleando en su proceso de fabricación maquinaria especializada.

Las ventajas generales del BTC, en comparación con otros mampuestos de fábrica, como el tradicional ladrillo cerámico común o hueco o el bloque de hormigón, pueden resumirse en su regularidad de forma (presentando caras lisas y aristas vivas), su alta densidad (generada por la compresión efectuada durante su fabricación), la cual los hace más resistentes a la erosión y a la acción del agua, y la posibilidad de ser reciclado prácticamente en su totalidad (Roux y Espuna, 2012).

En cuanto a la producción del bloque en sí, posee características que la hacen más económica y ambientalmente amigable si se la compara con la fabricación de productos semejantes. Por un lado, la energía utilizada en la producción de estos bloques es mucho menor, lo cual se expresa considerando tanto la técnica en sí, como las acciones necesarias para conseguir la materia prima previamente; además, los aditivos estabilizantes que se le adicionan representan un porcentaje muy bajo de su composición (Bestraten et al, 2011). En

este sentido, es importante considerar que su fabricación se hace aprovechando los recursos del sitio (Vázquez Éspi, 2001). Por otro lado, no se precisa mano de obra altamente calificada para su elaboración, lo cual contribuye a la generación de puestos de trabajo para personal con baja formación. Todos estos factores colaboran para lograr un costo de fabricación menor al de sus pares “tradicionales”.

Si bien el material de base para estos bloques es la tierra, se admite la incorporación de estabilizantes minerales (generalmente cal o cemento Portland) que permitan mejorar las características físicas del mismo, aumentando su resistencia a la compresión y al intemperismo y reduciendo las fisuras provocadas por la retracción de la arcilla (Roux, 2010).

Diversos aditivos han sido empleados en la estabilización de los BTC: desde sustancias naturales como la sábila de mucilago (Roux, 2010), la caseína y la celulosa (Vissac et al, 2017), hasta derivados del petróleo, como lo son las emulsiones asfálticas. Sin embargo, desde los orígenes del BTC, el estabilizante por excelencia ha sido el cemento portland, tal es el caso que en numerosas regiones del país y de Latinoamérica suele llamarse a los BTC como “bloques de suelo cemento”, léxico influenciado por los ingenieros viales.

A pesar del buen desempeño que poseen los BTC estabilizados con cemento, debe considerarse que, además del elevado costo económico de este aglomerante, su fabricación requiere elevados procesos de transformación térmica (superándose los 1400°C), liberando enormes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Es por este motivo que en el Laboratorio de Geotecnia de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN FRSF), en el marco de una tesis doctoral financiada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) y de un Proyecto de Investigación y Desarrollo homologado por Rectorado de la UTN, se está evaluando el desempeño de BTC estabilizados con aditivos no cementicios, dándole mayor preponderancia a los aportes potenciales de la cal -dado el menor impacto ambiental que presenta en contraste con el cemento-, ya que la utilización de ésta en la estabilización del suelo, y especialmente de suelos finos, data de épocas muy antiguas y se mantiene vigente en la actualidad, como lo demuestra el la norma mexicana NMX C 508, particularmente abocada a los procedimientos de ensayo y control para BTC estabilizados con cal (ONCCE, 2015).

Se ha demostrado reiteradas veces que la acción de la cal en la estabilización del suelo arcilloso puede advertirse en dos etapas. En una primera etapa, casi inmediata a la incorporación de la cal, se produce una reducción del índice de plasticidad del suelo por incremento de su límite plástico, lo cual lo vuelve menos sensible a los efectos perjudiciales del agua y, particularmente, a los cambios volumétricos. Ya en edades más avanzadas - a partir de los 8 semanas desde el momento de la estabilización (Rigassi, 1985)- se produce un significativo aumento de la resistencia mecánica del suelo, lo cual se atribuye a la formación de nuevos compuestos cementantes (silicatos de calcio y aluminatos de calcio hidratados) al recombinarse los iones de calcio aportados por la cal con los minerales arcillosos del suelo (Diamond y Kinter, 1971).

## 2. OBJETIVOS

empleado en la estabilización de los BTC por cal, ya sea de manera total o parcial. En esta instancia de la investigación, se proponen como objetivos particulares los siguientes:

- Evaluar la resistencia a compresión de los BTC estabilizados con cal;
- Contrastar los resultados de los ensayos realizados sobre los BTC de suelo-cal con la de sus homólogos sin estabilizar y estabilizados con cemento.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Producción de los BTC

Para el desarrollo de este trabajo, fueron confeccionadas 7 series distintas de BTC, empleando tierra de la zona estabilizada con cemento portland (CPC 40 marca Holcim) y cal hidráulica (marca Cacique) en diversas proporciones. En la fabricación de los mismos fue empleada una prensa de accionamiento hidráulico que produce dos bloques por ciclo, fabricada por la empresa brasilera ECO MAQUINAS (<http://ecomaquinas.com.br/esp/>). La presión de molde entregada por la prensa es de 30 kgf/cm<sup>2</sup> (por bloque). Las dimensiones de los BTC producidos con este equipo de prensado fueron de 7.5 x 15 x 30 cm, con dos huecos de 6 cm de diámetro.

La tierra empleada en la fabricación de los BTC provino de la comuna de Monte Vera, lindante con la ciudad de Santa Fe, y fue clasificada según el sistema SUCS (IRAM 10509, 1982) como un limo arcilloso de baja plasticidad (CL-ML) con bajos contenidos de arena fina (un 25%). Además, mediante el ensayo de hidrómetro estipulado por la norma ASTM D4221 (2011) pudo determinarse que el contenido de arcillas presente en el suelo es del 29%. Dado el escaso contenido de arena presente en el suelo, en las dosificaciones propuestas, además de modificar el tipo de estabilizante empleado, en algunas de ellas se incorporó arena, de manera tal de mejorar la curva granulométrica y obtener bloques más resistentes (Rigassi, 1985). En la tabla 1 pueden apreciarse las series de BTC realizadas con sus respectivas dosificaciones, expresadas en volumen.

**Tabla 1.** Series de BTC realizadas. Dosificaciones

SERIE	N° BTC producidos	DOSIFICACIÓN (% en volumen)			
		Tierra	Arena	Cemento	Cal
Cal 1	12	90,00	-	-	10,00
Cal 2	12	70,00	20	-	10,00
Cto 1	30	90,00	-	10,00	-
Cto 2	12	70,00	20,00	10,00	-
Tierra 1	12	80,00	20,00	-	-
Tierra 2	12	60,00	40,00	-	-
Tierra 3	12	100,00	-	-	-

Para evaluar la resistencia mecánica de los BTC estabilizados con cal hidráulica y cemento portland, sobre éstos se realizó el ensayo de resistencia a compresión simple.

#### 3.2. Resistencia a compresión

El procedimiento adoptado para determinar la resistencia a compresión simple de los bloques de tierra comprimida fue el estipulado por la norma brasilera NBR 8492 (2013).

La preparación de las probetas se realizó cortando de manera transversal cada bloque en dos partes iguales, sobreponiendo las dos mitades correspondientes de cada uno por la cara a pegar -previamente humedecida- y teniendo cuidado de invertir las, es decir que la cara de una quede en el mismo plano de la sección de corte de la otra. Se pegan las dos mitades empleando una capa de mortero 10 mm de espesor, el cual está constituido por una mezcla de tierra y cemento con medidas de 1 parte de cemento por 3 partes de tierra, de manera que el ensayo se pueda hacer después de 48 horas de curado. No fue necesario encabezar las caras de la probeta por ser las mismas perfectamente lisas y paralelas (la norma NBR 8492 brinda esta posibilidad).

Una vez endurecido el mortero se miden las dimensiones de la superficie superior e inferior de las probetas, calculando para cada una de ellas la superficie promedio. Se ubica la probeta sobre el plato de carga, verificando que la misma se encuentre perfectamente centrada; se aplica la carga de manera continua y sin movimientos bruscos a una velocidad constante de 50 Kgf/s hasta alcanzar la rotura de la probeta. Se registra la máxima carga soportada durante el ensayo y luego se divide por la sección bruta de la probeta, obteniendo así la tensión de rotura, en Kgf/cm<sup>2</sup>.

Para la realización de estos ensayos se utilizó un gato hidráulico tipo “botella” con 20 tf de capacidad, una celda de carga con apreciación de 5 kgf y capacidad máxima de 20 tf; un pórtico de carga y dos suplementos metálicos, empleados para transmitir de manera uniforme las cargas aplicadas sobre las caras de contacto. En la figura 1 puede apreciarse el instrumental empleado durante la ejecución del ensayo y la falla de una probeta.



Figura 1. Ensayo de resistencia a compresión simple. Sobre una probeta de la serie “Cal 1”

#### 4. PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, en la tabla 2 se exponen los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados sobre cada serie de probetas, mientras que la Figura 2 se presenta un gráfico de caja (realizado con el software estadístico MiniTab) en el cual pueden apreciarse los resultados obtenidos de manera más clara.

Tabla II. Resultados de los ensayos de compresión

SERIE	N° BTC producidos	Resistencia (Kgf/cm <sup>2</sup> )	
		Media	Desv. estándar
Cal 1	12	8.408	1.768
Cal 2	12	8.779	2.2056
Cto 1	30	46.47	6.410
Cto 2	12	36.24	9.620
Tierra 1	12	7.765	1.766
Tierra 2	12	8.672	2.468
Tierra 3	12	6.339	1.861



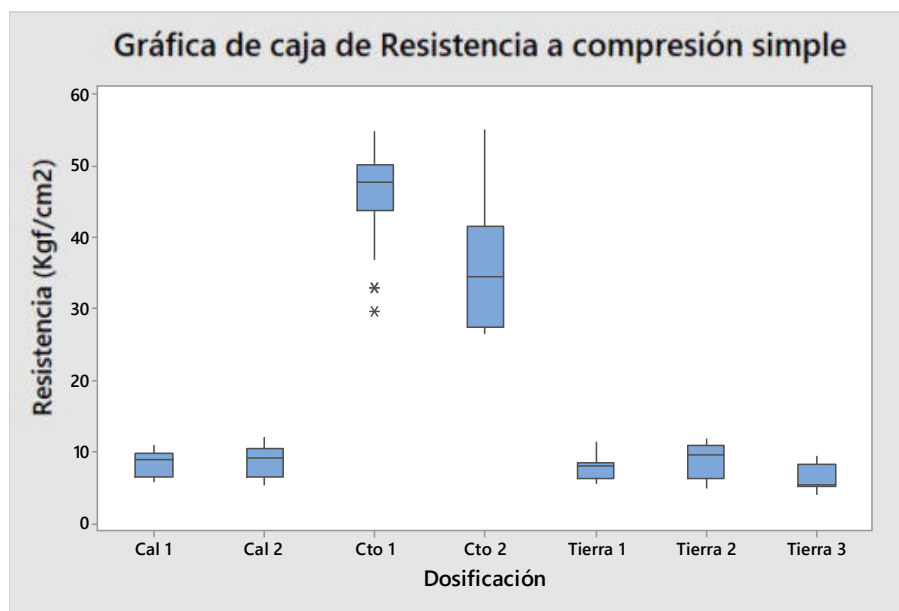


Figura 2. Gráfico de caja Resistencia vs. Serie

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. Incidencia del estabilizante

En la figura 2 puede apreciarse claramente como la resistencia a compresión de los BTC estabilizados con cemento (con y sin arena) es ampliamente superior a la de los BTC sin estabilizar, o estabilizados con cal. Así mismo, puede advertirse que las resistencias medias entre los BTC sin estabilizar y los estabilizados con cal no difieren mucho entre sí, independientemente del contenido de arena de la serie. Para apreciar con mayor detalle el comportamiento de las series estabilizadas con cal y sin estabilizar, en la figura 3 se muestra un gráfico de caja confeccionado únicamente con estas series, excluyendo las series estabilizadas con cemento.

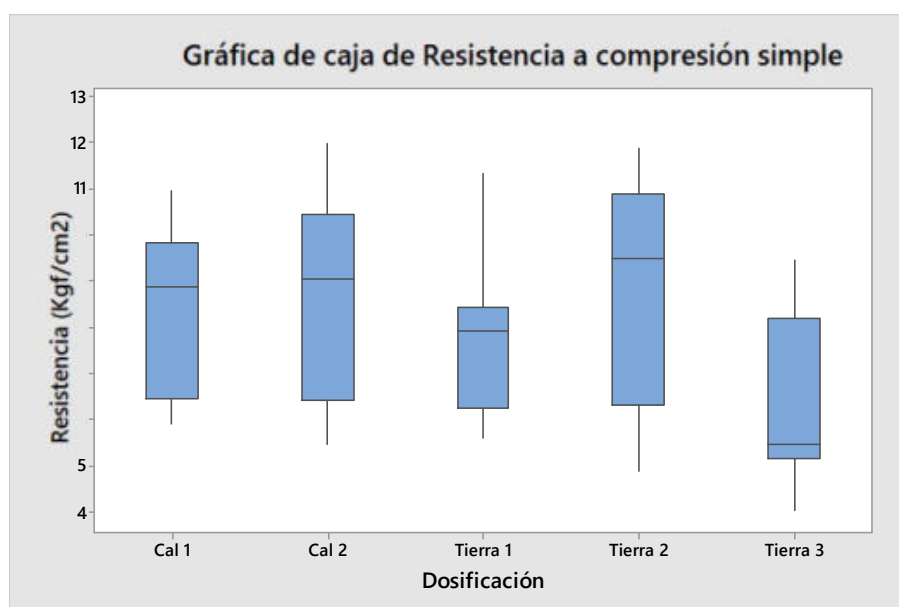


Figura 3. Gráfico de caja Resistencia vs. Serie

### 5.2. Análisis de variancias (ANOVA)

Para evaluar el comportamiento de cada serie se realizó un análisis de variancias ANOVA, empleando el software MiniTab, luego del cual pudo rechazarse (con un 95% de confianza)

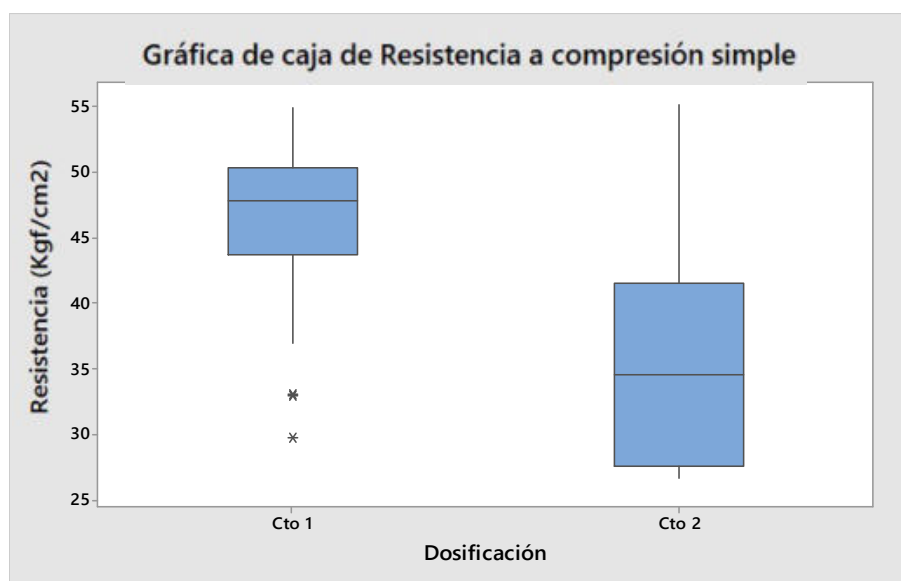
la hipótesis nula de igualdad entre las resistencias medias de cada serie, determinándose lo siguiente:

- La resistencia media de la serie Cto 1 (46.47kgf/cm<sup>2</sup>) es estadísticamente superior a las resistencias medias de las demás series;
- La resistencia media de la serie Cto 2 (36.24 kgf/cm<sup>2</sup>) es estadísticamente inferior a la resistencia media de la serie Cto 1, pero superior a las resistencias medias de las demás series;
- No existe diferencia estadística entre las resistencias medias de las series sin estabilizar y las estabilizadas con cal, independientemente de su contenido de arena.

### 5.3. Incidencia del contenido de arena

Tras analizar los datos de la Tabla II y la figura 2, puede advertirse que, independientemente del estabilizante empleado durante la producción de los BTC, el contenido de arena en los mismos tiene gran relevancia en su resistencia a la compresión.

En las series estabilizados con cemento pudo advertirse mediante el análisis de varianzas que la resistencia de los BTC sin arena incorporada (Cto 1) es estadísticamente mayor a la resistencia de los bloques con arena (Cto 2), lo cual puede corroborarse de manera gráfica en la figura 4. Sin embargo, este comportamiento debe ser estudiado en mayor detalle, ya que para determinar la resistencia media de la serie Cto 1 fueron ensayadas 30 probetas ensayadas, mientras que para la serie Cto 2, tan solo pudieron ensayarse 12 probetas; siendo la única serie cuyos datos no superaron la prueba de normalidad y presentaron una varianza extremadamente elevada en comparación con la de las demás series.



**Figura 4.** Gráfico de caja Resistencia vs. Serie de las series estabilizadas con cemento

Tanto en las series estabilizadas con cal como en las que no incorporaron estabilizante alguno, el comportamiento de las series fue diferente al de las series estabilizadas con cemento, ya que, a pesar de no presentar resistencias medias estadísticamente diferentes entre sí, las resistencias promedio de cada serie se vieron incrementadas con el contenido de arena, lo cual puede apreciarse en las figuras 5 y 6, en las que se indica con una ⊗ la resistencia promedio de cada serie.

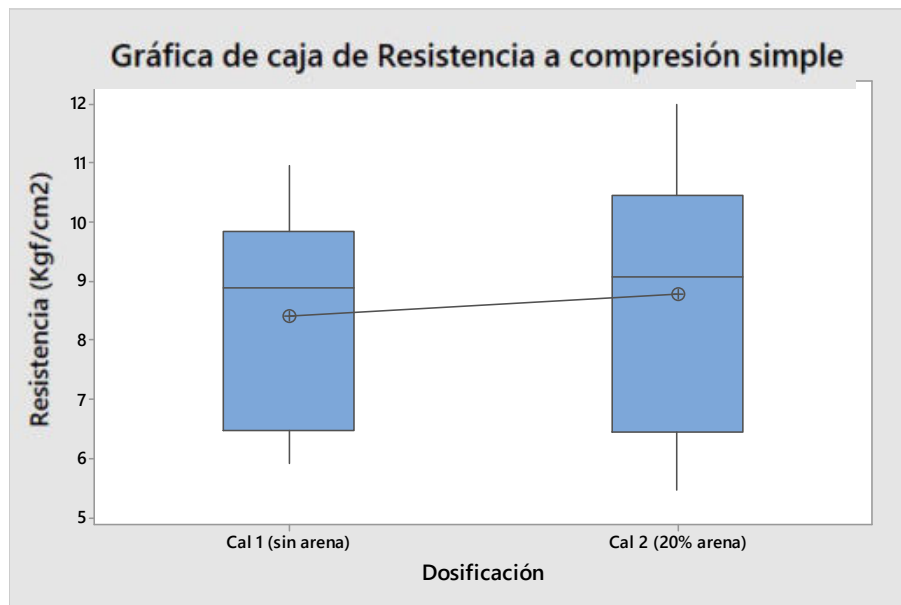


Figura 5. Resistencia a compresión media de los BTC estabilizados con cal

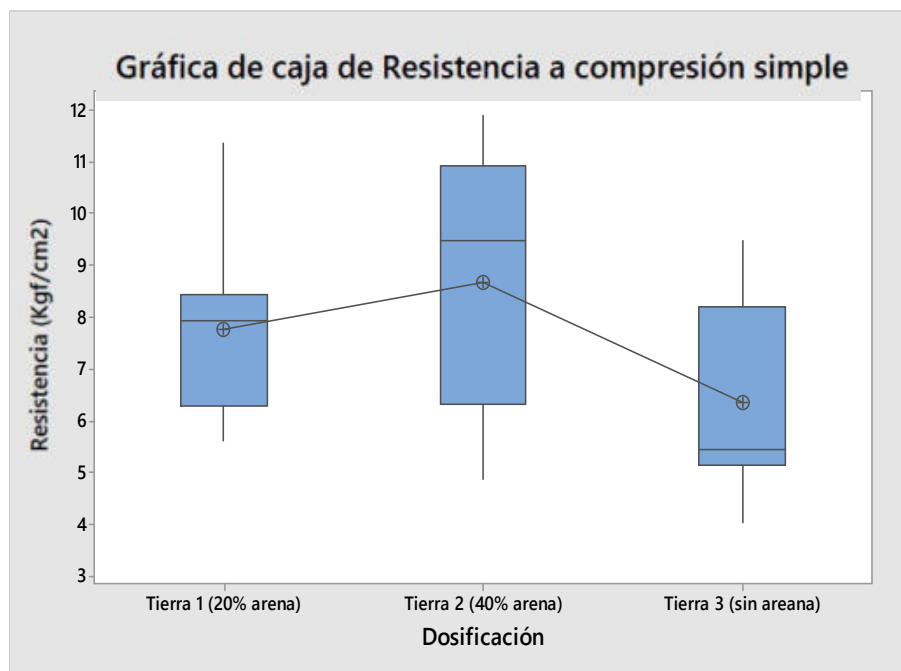


Figura 6. Resistencia a compresión media de los BTC sin estabilizar.

## 6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

Tras evaluar y discutir los resultados obtenidos, puede concluirse lo siguiente:

- Los BTC estabilizados con cemento presentan una resistencia media a compresión 4 veces superior a la resistencia media de los BTC estabilizados con cal hidráulica.
- No hay diferencia estadística entre la resistencia a compresión de los BTC estabilizados con cal y la de los bloques no estabilizados, con las dosificaciones y método de compresión y evaluación empleados.
- Para los BTC sin estabilizar, el contenido de arena aumenta hasta en un 15% la resistencia media a compresión de los bloques, mientras que, para los BTC estabilizados con cal hidráulica la resistencia media a compresión no se ve modificada por el contenido de arena.

En esta primera etapa de la investigación, los resultados obtenidos permiten observar que los valores de la resistencia en evaluación son bajos respecto de los estándares requeridos para este mampuesto. Los resultados y su evaluación permiten prever que la investigación debería continuar de manera experimental con el empleo de cal aérea hidratada (en lugar de la cal hidráulica empleada en esta etapa), y evaluar no solo su resistencia a compresión simple sino también al intemperismo, mediante ensayos de erosión húmeda. Se propone además determinar el contenido de arena óptimo para el suelo empleado, analizando la granulometría de la arena y el suelo por separados, combinándolos luego de manera tal de lograr que la curva granulométrica se encuentre dentro de los entornos recomendados; de esta manera, podría eliminarse esta variable del análisis.

## 7. RECONOCIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias a la colaboración de Alejandro Baker, dueño de la empresa Mobak (Arroyo Leyes – Santa Fe) quien nos permitió utilizar las instalaciones de su fábrica para elaborar los BTC empleados en la etapa experimental de esta investigación.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Testing Materials ASTM (2011). *Standard D 4221: Standard Test Method for Dispersive Characteristics of Clay Soil by Double Hydrometer*. Pensilvania.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013). *Norma NBR 8492. Tijolo de solo-cimento Análisis dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- Bestraten S; Hormías E. & Altemir A. (2011). *Construcción con tierra en el siglo XXI. Informe de la Construcción*, v. 63, n 523, p.19 - 31.
- Diamond, S. & Kinter, E. (1971). *Mecánica de la estabilización del suelo – cal. Una revisión interpretativa*. Revista Carreteras. V. 12, n 55. Madrid.
- Fontaine L. & Anger R. (2009). *Batir en terre. Du graind de sable à l'architecture*. París: Belin.
- Instituto Argentino de Normalización IRAM (1982). *Norma 10509: Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles*. Buenos Aires.
- Roux, R.; Espuna, J. (2012). *Bloques de tierra comprimida adicionados con fibras naturales*. México D.F.: Plaza y Valdés S.A.
- Roux, R. (2010). *Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) en zonas húmedas*. México, D.F.: Plaza y Valdés S.A.
- Rigassi, V. (1985). *Compressed Earth Blocks: Manual of Production*.Grenoble: Basin S.A.
- Salas, Julián (1995). *Habiterra: exposición Iberoamericana de construcción de tierra*. Bogotá: Escala.
- Vázquez Espi, M. (2001). *Construcción e impacto sobre el ambiente: El caso de la tierra y otros materiales*. Informes de la construcción. v. 52, n 471, p. 29 – 43
- Vissac, A., Bourges, A. & Gandreau, D. (2017). *Argiles & Biopolymères. Les stabilisants naturels pour la construction en terre*. Grenoble, CRAterre.
- Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, s.c. "ONCCE" (2015). *Norma mexicana NMX C 508: Industria de la construcción. Bloque de tierra comprimida estabilizado con cal. Especificaciones y métodos de ensayo*. México D.F.

# MÉTODOS PARA QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Renata Degraf Miara ([renatadmiara@gmail.com](mailto:renatadmiara@gmail.com)); Adriana de Paula Lacerda Santos ([adrianapls@ufpr.br](mailto:adrianapls@ufpr.br)); Sergio Scheer ([scheer@ufpr.br](mailto:scheer@ufpr.br))

Universidade Federal do Paraná (UFPR), Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil (PPGECC) - Brazil

**Palavras chave:** Métodos, Quantificação, Resíduos, Construção Civil

*O desperdício na construção civil é um dos grandes desafios do setor no Brasil. Estimar as perdas e desperdícios gerados na indústria de forma acurada é vital para a minimização dos mesmos na etapa de projeto. Essa visão permite ao projetista visualizar e explorar as medidas corretivas possíveis de forma a aumentar a eficiência da construção. Além disso, pode habilitar os empreiteiros a identificar processos críticos na geração de resíduos e planejar estratégias de controle. Este artigo tem como objetivo explorar os métodos existentes e as pesquisas desenvolvidas para quantificação dos resíduos gerados na construção civil através de uma revisão sistemática da literatura.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desperdício na construção civil é um dos grandes desafios do setor em nosso país. Um estudo realizado pela Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP, 2003) feito em diversos estados brasileiros mostra que, em média, se gasta até 8% a mais em material do que o necessário devido a perdas – tanto na própria edificação quanto em entulho.

O gerenciamento de resíduos da construção civil é baseado no reuso, na reciclagem e na correta disposição dos resíduos. As alternativas existentes tomadas pela indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) focam no tratamento dos resíduos da construção apenas após sua geração. No entanto, uma abordagem mais promissora seria a prevenção do desperdício, apoiada na ideia de um projeto sem geração de resíduos. Visto que a redução do desperdício na fonte é a alternativa mais eficiente e sustentável.

Atualmente em um mundo cada vez mais baseado na tecnologia, a maioria das coisas passa a ser avaliada através de números (JALALI, 2007). Sob um dos principais aspectos relacionados à área da construção civil, a gestão dos resíduos, este fato não é diferente.

Estimar as perdas e desperdícios gerados na construção civil de forma acurada é vital para a minimização dos mesmos na etapa de projeto. Essa visão permite ao projetista visualizar e explorar as medidas corretivas possíveis de forma a aumentar a eficiência da construção. Além disso, pode habilitar os empreiteiros a identificar processos críticos na geração de resíduos e planejar estratégias de controle.

Dessa forma há uma evidente necessidade de desenvolvimento de metodologia para auxiliar os gestores da construção na minimização dos resíduos antes mesmo da sua geração (ITO; GONÇALVES; CARVALHO, 2015).

## 2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

Este artigo tem como objetivo explorar os métodos de quantificação dos resíduos da construção existentes e analisar o estado-da-arte das pesquisas no assunto.



Para que este objetivo pudesse ser alcançado foi realizada uma revisão sistemática da literatura.

Foram selecionadas quatro bases de dados científicas para a realização da pesquisa, sendo elas: Scopus; ASCE; Portal Periódicos da CAPES; Scielo.

As palavras chave adotadas para busca foram: “construction waste”, “quantification”, “method”.

A partir da inserção das palavras-chave nas bases de dados primeiramente obteve-se um resultado de 66 artigos, conforme ilustra a Tabela 1 e o Gráfico 1, com a porcentagem de artigos por base de dados utilizada.

Tabela 1. Resultados da revisão sistemática

Base de dados	Scopus	ASCE	CAPES	Scielo	Total
Encontrados	33	21	8	4	66
Selecionados após leitura de resumos	14	4	7	3	28
Adicionados	4	4	0	4	12
Total	18	8	7	7	40
Eliminados por repetição	0	1	5	0	34
Total	18	7	2	7	

Foram selecionados para delimitação da pesquisa apenas artigos publicados em revistas e/ou congressos. Após leitura dos títulos e resumos foram selecionados 28 artigos. Após a leitura completa dos 28 artigos selecionados foram adicionados mais 12, citados como referências nos 28 artigos selecionados. Para finalização da seleção foram então eliminados aqueles artigos com repetições entre as bases. O que resultou num total de 34 artigos a serem destacados nesta revisão sistemática. Destes 34, 21 foram obtidos através da revisão sistemática e serão destacados na análise bibliográfica. Os outros 13 restantes foram adicionados de maneira a critério do autor, encontrados a partir das referências dos 21 artigos anteriores – conforme citado anteriormente e não serão abordados na análise bibliográfica.

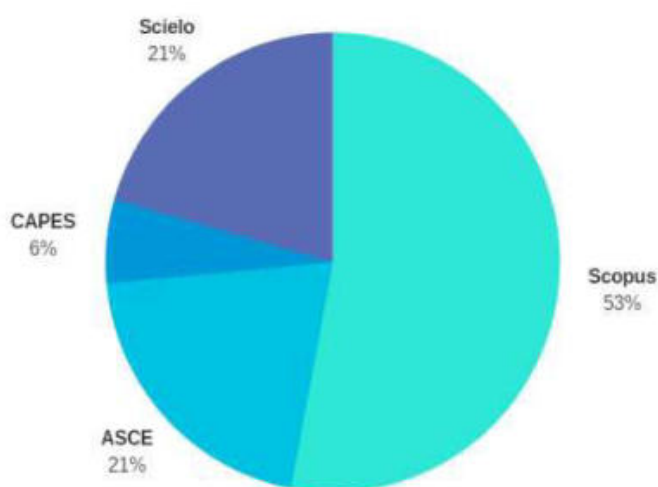


Gráfico 1. % de artigos por base de dados

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1. Análise bibliográfica

Através de análise bibliográfica pode-se obter mais informações a respeito de um campo de estudos. Desta forma, buscaram-se analisar os dados obtidos de maneira sistemática e quantitativa com o objetivo de obter informações como: desenvolvimento do assunto ao longo do tempo e países com maior número de publicações. O Gráfico 2 ilustra a produção de artigos à respeito da quantificação da geração de resíduos da construção civil ao longo dos anos. Pode-se observar a partir do gráfico que o campo de estudos aumentou entre os anos de 2015 e 2016, mas se retraiu no ano de 2017. Entre os anos de 1997 e 2006 não foram encontradas publicações durante a revisão sistemática. Por essa razão estes anos não encontram-se representados no Gráfico 2. O Gráfico 3, por sua vez, retrata o número de publicações por país e indica que o país com maior número de publicações é a Espanha (7), seguido pelo Brasil (3) e China (2).

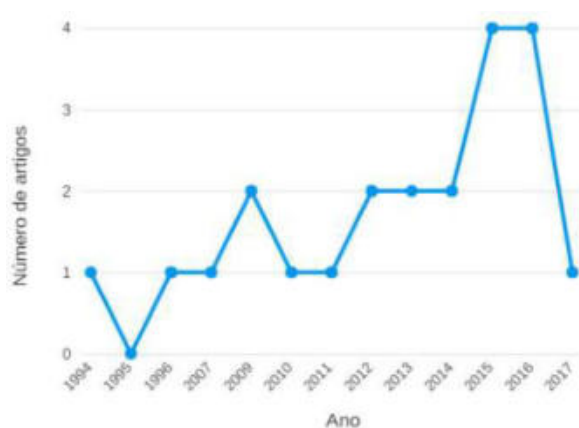


Gráfico 2. Produção ao longo dos anos

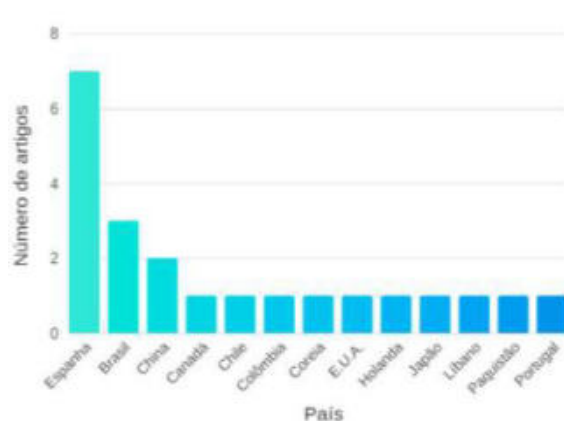


Gráfico 3. Número de artigos por país

#### 3.2. Análise de conteúdo

Com o objetivo de organizar e facilitar a análise adotou-se o plano de ação 5W1H, através da aplicação das perguntas evidenciadas na Tabela 2. Este plano, ferramenta de gestão japonesa, possui grande eficácia, apesar de sua simplicidade, e auxilia na organização de grandes quantidades de informações.

A Tabela 3 relaciona as publicações encontradas na revisão sistemática através do plano de ação 5W1H. Com o auxílio do plano de ação, foi possível agrupar os artigos encontrados em 3 grandes grupos de tipos de quantificação dos resíduos da construção civil, conforme o método utilizado: análise estatística, análise comparativa ou proposição de modelo.

O Gráfico 4 retrata que a maior parte dos artigos encontrados (55%) concentrou-se em uma proposição de modelo para a quantificação dos resíduos gerados na construção civil.

Através do Gráfico 5 pode-se visualizar que grande parte dos estudos focou em analisar a geração de resíduos nas etapas do ciclo de vida de projeto e de obra. Além disso, apenas 9% dos estudos retrataram a quantificação dos resíduos na etapa de demolição. Sendo então a maioria focada somente na etapa de construção da edificação, conforme ilustra o Gráfico 6.

Em relação aos dados analisados os artigos dividiram-se basicamente em três grandes grupos: aqueles que usaram dados de projetos e/ou obras reais através de medição no campo, aqueles que utilizaram dados obtidos na literatura e por fim os que realizaram questionários com os responsáveis pela obra para identificar os aspectos desejados. O

Gráfico 7 indica que dos estudos encontrados nesta revisão sistemática, a maioria deles utilizou medições em projetos reais para realização da pesquisa.

Tabela 2. Plano de Ação 5W1H

Pergunta	Tradução	Pergunta completa
Why?	Por quê?	Qual o objetivo do artigo?
Who?	Quem?	Quais os dados analisados?
What?	O quê?	Quais os resultados obtidos?
When?	Quando?	Em qual etapa?
Where?	Onde?	Em qual localização?
How?	Como?	Qual o método escolhido?

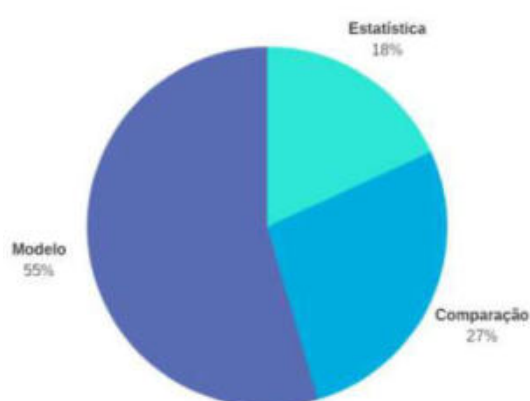


Gráfico 1. Método de quantificação

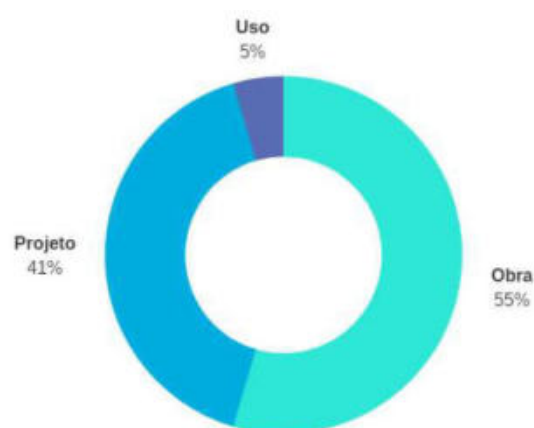


Gráfico 2. Etapa do ciclo de vida

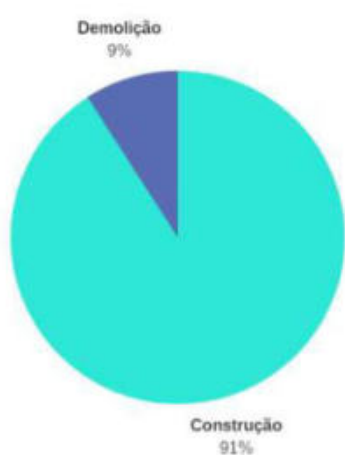


Gráfico 3. Abordagem principal

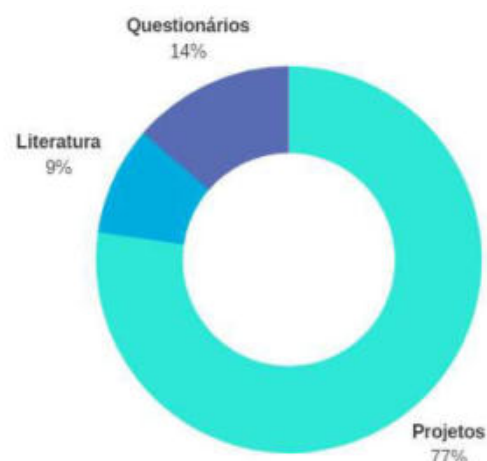


Gráfico 4. Dados analisados

Tabela 3. Relação das publicações

Autor	Ano	Método adotado (How?)	Objetivo (Why?)	Dados analisados (Who?)	Quando (When?)	Onde (Where?)	Resultados (What?)
GAVILAN, R.M.; BERNOLD, L.E.	1994	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	5 obras de construções residenciais	Durante a obra	E.U.A.	Modelo de estimativa da geração de resíduos
BOSSINK, B.A.G.; BROUWER S, H.J.H.	1996	Avaliação comparativa	Quantificar os resíduos gerados e identificar as principais causas	5 projetos residenciais	Durante a obra	Holanda	% de resíduos gerados em relação ao material comprado
JALALI, S.	2007	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Estimativa de canteiros de obras	Projeto	Portugal	Geração de resíduos em m <sup>2</sup> ou kg por habitação
GUZMAN, J.M. et al.	2009	Proposição de modelo	Apresentar e detalhar modelo de estimativa da geração de resíduos	100 projetos	Durante a obra	Espanha	Modelo de estimativa da geração de resíduos
HEE SUNG CHA, A.M. et al.	2009	Proposição de modelo	Auxiliar gerentes de projetos para determinar o nível de desempenho dos projetos	57 respostas de survey	Durante a obra	Seoul	Identificação dos fatores que influenciam na redução da geração de resíduos
WIMALASENA, B.A.D.S. et al.	2010	Análise estatística	Reduzir o número de variáveis necessárias para o cálculo da geração dos resíduos	Dados encontrados na literatura	Projeto	Mundo	Modelo de estimativa da geração de resíduos
LLATAS, C.	2011	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto dos processos de construção e demolição	Dados de estudos realizados na Europa	Projeto	Europa	Modelo de estimativa da geração de resíduos
GUSMAN, A. de B.	2012	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Obras de ferrovias	Durante a obra	Espanha	Estimativa de peso e volume
TESSARO, A. B. et al.	2012	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Estudo de caso na cidade de Pelotas	Projeto	Pelotas	Geração de resíduos por m <sup>2</sup>
MERCADE R-MOYANO et al.	2013	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	10 obras residenciais	Durante a obra	Sevilla	Geração de resíduos por m <sup>2</sup>
PORRAS, A.C. et al.	2013	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	Estudo de caso na cidade de Bogotá	Projeto	Bogotá	Geração de resíduos por m <sup>2</sup>
PERICÓT, N.G. et al.	2014	Avaliação comparativa	Quantificar a geração de resíduos da construção de embalagens	10 projetos residenciais	Durante a obra	Madrid	kg/m <sup>2</sup> ou m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> de embalagens produzidas
COSTA, R. V. G. da et al.	2014	Proposição de modelo	Estimar a geração de resíduos na etapa de projeto	35 obras selecionadas	Durante a obra	João Pessoa	Geração de resíduos por m <sup>2</sup>
SÁEZ, P. V. et al.	2015	Análise estatística	Estimativa de geração de resíduos em peso e volume	8	Durante a obra	Espanha	Geração de resíduos em m <sup>2</sup> ou kg por habitação
BAKSHAN, Amal et al.	2015	Proposição de modelo	Estimativa de geração de resíduos em peso por m <sup>2</sup> de área construída	28 obras	Durante a obra	Beirut	Estima taxas de geração dos principais materiais.
BAKSHAN, Amal et al.	2015	Proposição de modelo	Estimativa de geração de resíduos em peso por metro quadrado de área construída	28 obras de diferentes tipos, tamanhos e em diferentes estágios	Durante a obra	Beirut	Categoriza os resíduos da construção nos principais materiais e estima as taxas de geração para cada um deles, assim como uma taxa de geração geral.

Autor	Ano	Método adotado (How?)	Objetivo (Why?)	Dados analisados (Who?)	Quando (When?)	Onde (Where?)	Resultados (What?)
KERN, A. et al.	2015	Análise estatística	Quantificação da geração de resíduos por m <sup>2</sup>	18 edificações residenciais	Projeto	Brasil	Taxa de geração de resíduos por m <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
WU, H. et al.	2015	Avaliação comparativa	Avaliar os impactos gerados pelos resíduos da construção	Cidade de Shenzhen, China	Uso	Shenzen	Kg de CO <sub>2</sub> equivalentes gerados
Autor	Ano	Método adotado (How?)	Objetivo (Why?)	Dados analisados (Who?)	Quando (When?)	Onde (Where?)	Resultados (What?)
LU, Weisheng et al.	2016	Curva S	Indicar a geração acumulada de resíduos na medida do desenvolvimento do projeto	Dados de 138 edificações construídas	Durante a obra	Hong Kong	Resíduos em peso, não classificados por material, relacionados em uma curva acumulativa conforme a duração do projeto.
CARPIO, M. et al.	2016	Análise estatística	Estimar a geração de resíduos em diversas soluções urbanísticas	6 tipos de projetos residenciais	Projeto	Granada	Toneladas de resíduos /m <sup>2</sup> .
LLATAS, C.; OSMANI, M.	2016	Avaliação comparativa	Criação e validação de modelo de projeto para reduzir o desperdício	20 edificações residenciais	Projeto	Espanha	Medidas para redução do desperdício em obra
WON, J. et al.	2016	Avaliação comparativa	Estimar a quantidade de resíduos não gerados devido a utilização de processo de projeto BIM	2 projetos	Projeto	Coreia do Sul	% de geração de resíduos prevenidas devido a utilização do BIM
ARSHAD, H. et al.	2017	Avaliação comparativa	Quantificar a geração de resíduos e suas causas em diferentes tipos de projetos	38 canterios de obras	Durante a obra	Paquistão	Ranking com % de desperdício dos materiais

#### 4. MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO

Os métodos de quantificação dos resíduos da construção civil em sua grande maioria foram obtidos através de análises estatísticas de dados de projetos e/ou obras já realizados ou através da simples observação dos mesmos. Os métodos que utilizaram a análise estatística resultaram em equações matemáticas complexas: envolvendo mais do que uma simples multiplicação.

Por sua vez, aqueles que utilizaram a observação e medição em campo chegaram a equações matemáticas mais simples a partir da multiplicação de um coeficiente para cada tipo de material.

Este coeficiente foi retirado na maioria das vezes da média simples dos valores obtidos de geração de resíduos. A seguir serão descritos os estudos encontrados divididos nas categorias: equações matemáticas complexas e equações matemáticas simples.

Para o caso das equações matemáticas complexas, cada estudo teve em seu desenvolvimento uma equação diferenciada – e por esta razão não encontram-se descritas neste trabalho. Já, para as equações simples a equação encontrada foi a mesma, só sendo alterados os coeficientes de multiplicação.

##### 4.1. Equações matemáticas complexas

Wimalasena, Ruwanpura e Hettiaratchi (2010) utilizaram pesquisa bibliográfica para identificar os principais fatores associados à geração de resíduos e como estes poderiam ser aplicados em uma análise estatística. Como resultado obtiveram a redução do número de variáveis necessárias para o cálculo da geração dos resíduos gerados na construção civil.



De Guzmán Báez et al. (2012) desenvolveram duas equações para a estimativa do volume e do peso dos resíduos gerados em construções de ferrovias. Bakshan et al. (2015) categoriza os resíduos da construção nos principais materiais e estima as taxas de geração para cada um deles, assim como uma taxa de geração geral através do uso de equações lineares. Sáez et al. (2015) analisaram os dados de 8 construções realizadas no estilo tradicional mediterrâneo (fundações profundas, lajes, alvenaria e revestimentos em cerâmica) e através de análise de regressão linear múltipla estabeleceram fórmula com diferentes pesos para previsão para obras futuras.

Parisi Kern et al. (2015) a partir dos dados de 18 edificações residenciais brasileiras, também realizou análise de regressão estatística múltipla para determinar taxa de geração de resíduos por m<sup>2</sup> de área construída de projeto. Por sua vez, Carpio et al. (2016) utilizou análise estatística para calcular a diferença nas taxas de geração de resíduos Lu et al. (2016) com o objetivo de indicar a geração acumulada de resíduos na medida do desenvolvimento do projeto propuseram a utilização da ferramenta Curva S. Através dos dados de 138 edificações construídas em Hong Kong foi realizada análise estatística e escolha da curva mais representativa para os dados da região.

#### 4.1. Equações matemáticas simples

As equações matemáticas simples apresentadas nos estudos podem ser resumidas a partir da expressão ilustrada em (1):

$$W = P \times I \quad (1)$$

Onde:

- W = Quantidade de resíduos gerados (kg ou m<sup>3</sup>);
- P = Quantidade de material especificado no projeto (kg ou m<sup>3</sup>);
- I = Índice de perdas dos materiais por atividade/aplicação em %.

Diversos estudos trataram de estabelecer valores para estes índices, como: Pinto (1989), Soibelman (1993), Schuette; Liska (1994), Bossink; Brouwers (1996), Agopyan et al. (1998), Souza (1999), Poon et al. (2001), Moyano; Ramirez (2013) e Arshad et al. (2017).

Outros autores, no entanto, buscaram utilizar os coeficientes propostos para estabelecer a geração de resíduos em estudos de caso. Jalali (2007) aplicou dois modelos para cálculo da geração de resíduos: índice por componente e índice global. Llatas (2011) através de resultados de estudos realizados em toda a Europa obteve modelo para estimativa da geração de resíduos de construção e demolição. Porrás et al. (2013) e Costa et al. (2014) propuseram modelos para estimativa da geração de resíduos na etapa de projeto através da análise de obras residenciais com medição em campo dos resíduos gerados. Tessaro et al. (2012) estimam a geração de resíduos por m<sup>2</sup> a partir da aplicação dos coeficientes. Pinto (1989), Soibelman (1993), Schuette; Liska (1994), Bossink; Brouwers (1996), Agopyan et al. (1998), Souza (1999), Poon et al. (2001) e Moyano; Ramirez (2013) analisaram dados em campo com medição de valores como peso e volume de resíduos gerados para chegar aos coeficientes. No entanto Arshad et al. (2017), assim como: Solís-Guzmán et al. (2009), Cha et al. (2009), Llatas; Osmani (2016) utilizaram o método de survey com o mesmo objetivo. Apesar da maioria dos autores ter utilizado a mesma técnica para estabelecer os coeficientes é evidente na Tabela 4 que os valores para um mesmo material variam muito. E ainda, que não foram todos os materiais analisados em todos os métodos. Isso se deve às enormes diferenças nos processos construtivos, visto que cada país apresenta características específicas. Dessa forma, é nítido que ao buscar utilizar os métodos mais simples deve-se atentar a utilizar os coeficientes estabelecidos por autores que consideraram os mesmos processos construtivos e os mesmos materiais de construção. Por esta razão conclui-se que mesmo os coeficientes estabelecidos por autores brasileiros

tenham sido estudados na década de 90 estes ainda são os mais adequados a serem utilizados, pois refletem mais fielmente a realidade brasileira.

## **5. CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO**

Os métodos foram classificados por Wu et al. (2014) em relação à alguns aspectos:

### **Atividade geradora de resíduos**

Três tipos de atividades básicas poderiam ser geradoras de resíduos: construções de novas edificações, demolições de edificações existentes e obras de infraestrutura.

### **Dimensão abrangida**

Além disso, poderiam ser estimadas nas dimensões do projeto da edificação em si ou sob um aspecto regional: em relação à cidade, ou estado por exemplo.

### **Metodologia de quantificação**

Os resíduos podem ser quantificados através de medição direta, com visita em campo; através de taxas de geração estimadas; análises em relação ao ciclo de vida; modelagem de variáveis ou outros.

Wu et al. (2014) sugeriu conforme a Figura 1, adaptada e traduzida pelos autores, uma ferramenta para tomada de decisão em relação ao método a ser adotado para quantificação dos resíduos da construção civil. Esta ferramenta pode ser útil para a definição do método a ser seguido em trabalhos futuros.

## **6. CONCLUSÕES**

Os métodos para quantificação dos resíduos da construção mais simples parecem ser os mais adequados, pois ao se multiplicar fatores específicos para cada tipo de material obtém-se um resultado mais fiel à realidade, visto que cada material apresentará uma porcentagem de desperdício conforme sua aplicação.

No entanto, os coeficientes disponíveis são resultados de pesquisas antigas e não englobam todos os materiais empregues nas obras e muito menos a diferença entre os sistemas construtivos.

Dessa forma é evidenciada a necessidade de novos estudos que avaliem a geração de resíduos para as obras brasileiras utilizando os sistemas construtivos atuais e possíveis inovações, através de estudos de caso para a validação e atualização destes coeficientes.

Tabela 4. Coeficientes multiplicadores por tipo de material

Relação		Índice de perdas dos materiais por atividade/aplicação em %								
		PINTO	SOBELMAN	SCHUETTE, S.D.; LISKA, R.W.	BOSSINK, B.A.G.; BROUWERS, H.J.H.	AGOPYAN et al.	SOUZA	POON, C.S. et al.	MOYANO; RAMIREZ	ARSHAD, H. et al. *
Material	Ano	1989	1993	1994	1996	1998	1999	2001	2013	2017
	País	Brasil	Brasil	E.U.A.	Holanda	Brasil	Brasil	China	Espanha	Paquistão
<b>Bloco cerâmico</b>		12,7	52	-	-	14	27	-	6	-
<b>Bloco concreto</b>		-	-	-	-	11	13	-	8	-
<b>Tijolo cerâmico</b>		-	-	3,5	17,5	7	27	6	6	6,82
<b>Concreto usinado</b>		-	-	7,5	7	9	5	4,5	-	4,39
<b>Aço</b>		-	-	5	21	11	5	4,5	1	4,76
<b>Fôrmas</b>		-	-	10	-	-	-	15	-	-
<b>Alumínio</b>		-	-	-	-	-	-	-	1	4,74
<b>Madeira</b>		-	-	16,5	32	-	-	-	-	6,41
<b>Fios e cabos</b>		-	-	-	-	-	-	-	1	5,34
<b>Tubos de PVC</b>		-	-	-	-	-	-	-	2	4,95
<b>Pregos</b>		-	-	5	-	-	-	-	-	-
<b>Dry-Wall</b>		-	-	7,5	-	-	-	8	-	-
<b>Argamassa</b>	Assentamento	17,3	23,4	-	9,2	40	10	12	-	-
	Emboço	17,3	23,4	-	9,2	32	11	12	-	-
	Chapisco	17,3	23,4	-	9,2	21,5	-	12	-	-
	Reboco	17,3	11	3,5	9,2	13	-	12	-	6,63
	Contrapiso	17,3	23,4	-	-	41,5	5	12	-	-
<b>Tinta</b>	Pintura externa	-	-	-	-	15	-	12	-	-
	Pintura interna	-	-	-	-	23	3	12	-	6
<b>Revestimentos cerâmicos</b>	Paredes	9,5	-	-	-	13	14	7	6	5,51
	Piso	7,5	-	6,5	8	19	14	7	6	6,68
<b>Papel de parede</b>		-	-	10	-	-	-	-	-	-
<b>Gesso</b>		-	-	-	-	30	30	-	-	-
<b>Vidro</b>		-	-	-	-	-	-	-	2	4,92
<b>Mármore e granitos</b>		-	-	-	-	-	-	-	-	4,37
* Resultados obtidos através de questionário										

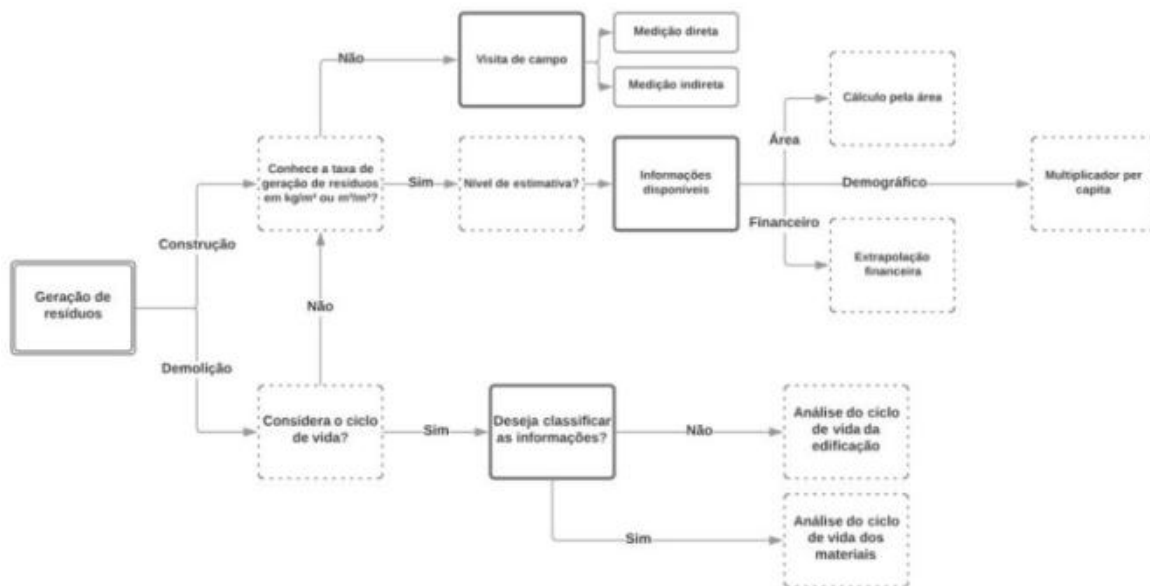


Figura 2. Ferramenta para tomada de decisão

Fonte: Adaptado de Wu et al. (2011).

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016*. Brasília: Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2018.
- AIA: THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. *Integrated Project Delivery a Guide*. California: 2010.
- AGOPYAN V.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. *Pesquisa "Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras."* Relatório final. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998
- ARSHAD, H.; QASIM, M.; THAHEEM, M. J.; GABRIEL, H. F. *Quantification of material wastage in construction industry of Pakistan: An analytical relationship between building types and waste generation*. *Journal of Construction in Developing Countries*, v. 22, n. 2, p. 19–34, 2017.
- BAKSHAN, A.; SROUR, I.; CHEHAB, G.; EL-FADEL, M. *A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects*. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 100, p. 70–80, 2015. Elsevier B.V. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.04.002>>.
- BALDWIN, A.; POON, C. S.; SHEN, L. Y.; AUSTIN, S.; WONG, I. *Designing out waste in high-rise residential buildings: Analysis of precasting methods and traditional construction*. *Renewable Energy*, v. 34, n. 9, p. 2067–2073, 2009. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.008>>.
- BERNOLD, L. E. *proportions in some Northeastern states ( Spencer 1989 ). This may indicate that the concept of managing waste is a fairly new one to both legislators and the construction industry . Illegal dumping signifies a disregard for the law and the environment . . .*, v. 120, n. 3, p. 536–552, 1995.
- BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. *Construction Waste: Quantification and Source Evaluation*. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 122, n. 1, p. 55–60, 1996. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281996%29122%3A1%2855%29>>.
- CARPIO, M.; ROLDÁN-FONTANA, J.; PACHECO-TORRES, R.; ORDÓÑEZ, J. *Construction waste estimation depending on urban planning options in the design stage of residential buildings*.

- Construction and Building Materials*, v. 113, p. 561–570, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.061>>.
- CHA, H. S.; KIM, J.; HAN, J.-Y. *Identifying and Assessing Influence Factors on Improving Waste Management Performance for Building Construction Projects*. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 135, n. 7, p. 647–656, 2009. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282009%29135%3A7%28647%29>>.
  - CHEN, Z.; LI, H.; WONG, C. T. C. *An application of bar-code system for reducing construction wastes*. *Automation in Construction*, v. 11, n. 5, p. 521–533, 2002.
  - COMMISSION, European. *Construction and Demolition Waste (CDW)*. Bruxelas: Ec, 2015. Disponível em: <[http://ec.europa.eu/environment/waste/construction\\_demolition.htm](http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm)>. Acesso em: 30 abr. 2018.
  - COSTA, R. V. G. DA; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; OLIVEIRA, M. M. DE. *Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa*. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 1, p. 127–137, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212014000100011&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000100011&lng=pt&tlng=pt)>.
  - FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (Org.). *Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras*. 2003. Disponível em: <<http://perdas.pcc.usp.br/>>. Acesso em: 07 abr. 2018.
  - FRAGA, M. F., 2006. *Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras*. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.
  - GONZÁLEZ PERICOT, N.; VILLORIA SÁEZ, P.; DEL RÍO MERINO, M.; LIÉBANA CARRASCO, O. *Production patterns of packaging waste categories generated at typical Mediterranean residential building worksites*. *Waste Management*, v. 34, n. 11, p. 1932–1938, 2014.
  - DE GUZMÁN BÁEZ, A.; VILLORIA SÁEZ, P.; DEL RÍO MERINO, M.; GARCÍA NAVARRO, J. *Methodology for quantification of waste generated in Spanish railway construction works*. *Waste Management*, v. 32, n. 5, p. 920–924, 2012.
  - ITO, Ana Paula Nishimoto; GONÇALVES, Pedro Henrique; CARVALHO, Débora Cristine Guerra de. *A avaliação da perspectiva dos arquitetos na redução de resíduos na etapa de projeto arquitetônico*. *Parc Pesquisa em Arquitetura e Construção*, [s.l.], v. 6, n. 1, p.16-25, 31 mar. 2015. Universidade Estadual de Campinas. <http://dx.doi.org/10.20396/parc.v6i1.8634994>.
  - JALALI, Said. *Quantification of construction waste amount*. In: *JORNADAS TÉCNICAS INTERNACIONAIS DE RESÍDUOS*, 6., 2007, Viseu. Anais... . Viseu: Cec, 2007. p. 1 - 12. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/9105>>. Acesso em: 04 jul. 2018.
  - LLATAS, C. *A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list*. *Waste Management*, v. 31, n. 6, p. 1261–1276, 2011. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.023>>.
  - LLATAS, C.; OSMANI, M. *Development and validation of a building design waste reduction model*. *Waste Management*, v. 56, p. 318–336, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.026>>.
  - LU, W.; PENG, Y.; CHEN, X.; SKITMORE, M.; ZHANG, X. *The S-curve for forecasting waste generation in construction projects*. *Waste Management*, v. 56, p. 23–34, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.07.039>>.
  - LU, Weisheng et al. *Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China*. *International Journal Of Construction Management*, [s.l.], v. 17, n. 1, p.13-24, 25 abr. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2016.1166548>.



- MCBEAN, Edward A.; FORTIN, Michael H. P.. A Forecast Model of Refuse Tonnage With Recapture and Uncertainty Bounds. *Waste Management & Research*, [s.l.], v. 11, n. 5, p.373-385, set. 1993. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0734242x9301100502>.
- MERCADER-MOYANO, P.; RAMÍREZ-DE-ARELLANO-AGUDO, A. Selective classification and quantification model of C&D waste from material resources consumed in residential building construction. *Waste Management and Research*, v. 31, n. 5, p. 458–474, 2013.
- MOE (Org.). *History and Current State of Waste Management in Japan*. Tóquio: Moe, 2014. Disponível em: <<http://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/hcswm.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.
- PARISI KERN, A.; FERREIRA DIAS, M.; PIVA KULAKOWSKI, M.; PAULO GOMES, L. Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression. *Waste Management*, v. 39, p. 35–44, 2015. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.01.043>>.
- PINTO, T. P. *Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais*. São Carlos, 1989. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar. (Datilografado).
- PRISM ENVIRONMENT (United Kingdom). *Construction sector overview in the UK*. London: Prism Environment, 2012.
- POON, C.s; YU, Ann T.w; NG, L.h. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resources, Conservation And Recycling*, [s.l.], v. 32, n. 2, p.157-172, jun. 2001. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0921-3449\(01\)00052-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0921-3449(01)00052-0).
- PORRAS, Á. C.; LEÓN, Ó. P.; CORTÉS, N. L. G. Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: Estudio de caso Bogotá D.C. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, v. 23, n. 2, p. 95, 2013. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702013000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es%5Cnhttp://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/225](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702013000200006&lng=en&nrm=iso&tlng=es%5Cnhttp://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/225)>.
- SÁEZ, P. V.; PORRAS-AMORES, C.; DEL RÍO MERINO, M. New quantification proposal for construction waste generation in new residential constructions. *Journal of Cleaner Production*, v. 102, p. 58–65, 2015.
- SCHUETTE, Stephen D.; LISKA, Roger W.. *Building construction estimating*. Michigan: Mcgraw Hill, 1994.
- SOIBELMAN, L. *As Perdas de Materiais na Construção de Edificações: sua Incidência e seu Controle*. Dissertação, v. 7, n. 1, p. 82, 1993.
- SOLÍS-GUZMÁN, J.; MARRERO, M.; MONTES-DELGADO, M. V.; RAMÍREZ-DE-ARELLANO, A. A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*, v. 29, n. 9, p. 2542–2548, 2009. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>>.
- TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. *Ambiente Construído*, v. 12, n. 2, p. 121–130, 2012.
- WIMALASENA, B. A. D. S.; RUWANPURA, J. Y.; HETTIARATCHI, J. P. A.. Modeling Construction Waste Generation towards Sustainability. *Construction Research Congress 2010*, [s.l.], p.1-12, 4 maio 2010. American Society of Civil Engineers. [http://dx.doi.org/10.1061/41109\(373\)150](http://dx.doi.org/10.1061/41109(373)150).
- WON, J.; CHENG, J. C. P.; LEE, G. Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea. *Waste Management*, v. 49, p. 170–180, 2016. Elsevier Ltd. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.026>>.
- WU, H.; DUAN, H.; WANG, J.; WANG, T.; WANG, X. Quantification of carbon emission of construction waste by using streamlined LCA: a case study of Shenzhen, China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 17, n. 4, p. 637–645, 2015. Springer Japan.

- WU, Zezhou et al. *Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. Waste Management, [s.l.]*, v. 34, n. 9, p.1683-1692, set. 2014. Elsevier BV.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2014.05.010>.

## 8. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC-UFPR) e à própria Universidade Federal do Paraná por proporcionarem a realização deste trabalho e por fomentarem a pesquisa científica no Brasil.

Agradeço também aos professores, deste programa e desta Universidade, Adriana e Sergio, por me orientarem e colaborarem na realização desse trabalho.

## COMPÓSITO A BASE DE SABUGO DE MILHO COMO ISOLANTE TÉRMICO PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fábio Severo da Rosa (fsevero@gmail.com); Giane de Campos Grigoletti  
(giane.c.grigoletti@ufsm.br); Rogério Cattelan Antochaves de Lima (rogerio@ufsm.br)

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) - Brazil

**Palavras chave:** compósito, sabugo de milho, avaliação, desempenho

*O aumento do consumo de recursos naturais renováveis estimulados pelo avanço da civilização industrial, pelo crescimento populacional e pela demanda por bens e serviços, atrelado às exigências sociais e governamentais para a sustentabilidade, motiva o desenvolvimento de novas soluções industriais que consigam reduzir e até mesmo eliminar o impacto ambiental gerado pelos seus processos produtivos. Este trabalho tem como objetivo elaborar um compósito a base de sabugo de milho como isolante térmico na construção civil e avaliar a condutividade térmica, densidade aparente e resistência a flexão. O compósito foi elaborado a partir da mistura do sabugo de milho triturado com uma resina poliuretana derivada do óleo de mamona, usada como aglomerante. Foram elaborados três compósitos com diferentes granulometrias denominados A (26,25% moído grosso + 26,25% moído fino + 47,50% de resina), B (26,25% moído fino + 13,10% moído grosso + 13,10% moído médio + 47,50% de resina) e C (26,25% moído fino + 26,25% moído médio + 47,50% de resina). A partir dos resultados encontrados, pode-se verificar que todos os compósitos testados podem ser isolantes térmicos, pois apresentaram condutividade térmica inferior a 0,21 W/(m.K), possuem valores compatíveis e valor máximo admissível para isolantes térmicos convencionais. Com relação à densidade aparente, os compósitos apresentaram valores próximos a de isolantes disponíveis comercialmente, caracterizando-se como leves e com possibilidade de aplicação. Os resultados mostram que a utilização de um resíduo agrícola para preparação de material isolante térmico, a partir de um material orgânico, é importante para agricultores que podem comercializar esse material para isolamento em vez de descartá-lo ou subutilizá-lo.*

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos desafios mais importantes para edificações futuras é a redução de impactos ambientais em todas as suas fases de vida, da construção à demolição. Dentre possíveis diretrizes para redução de impactos ambientais, está o uso de materiais reciclados, seja da própria construção civil, seja de outros setores produtivos, como a agricultura.

Neste contexto se insere a busca de soluções alternativas para as edificações, em termos de materiais e componentes, incentivando o uso de tecnologias que, além de reduzirem a geração de resíduos, privilegiem o emprego de produtos naturais e recicláveis, com reduzido impacto no meio ambiente durante todo o ciclo de vida (CUNHA, 2012).

A construção civil é a indústria que possui maior potencial para absorver resíduos e subprodutos gerados por outros setores industriais. O aproveitamento desses materiais se dá na fabricação de blocos, argamassas para sub-bases, pavimentação, concreto não estrutural, elaboração de compósitos, entre outros usos (SCHULTZ; FERREIRA, 2004).

Muitos pesquisadores têm concentrado esforços no estudo do potencial da aplicação de materiais orgânicos na construção civil (PINTO et al., 2012). O aproveitamento de subprodutos agrícolas é de grande interesse. Dentre os materiais orgânicos, o milho é

produzido principalmente para a alimentação animal. O grão possibilita uma série de produtos industrializados. Entretanto, algumas partes da planta não possuem um uso direto, como o sabugo de milho, e nesse caso, são subutilizados ou descartados no meio ambiente. Este artigo tem por objetivo desenvolver um compósito a base de sabugo de milho como isolante térmico para construção e avaliar suas condutividade térmica, densidade aparente e resistência a flexão.

### **1.1. Resíduos da agricultura, compósitos e isolamento térmico**

O Brasil é conhecido por seu grande potencial de recursos renováveis e recicláveis tais como produtos agrícolas, florestais e resíduos como o bagaço de cana-de-açúcar, casca de arroz, casca da aveia e aparas de madeira. A produção de resíduos agrícolas é variável, dependendo da espécie cultivada, do fim a que se destina, das condições de fertilidade do solo, de condições climáticas, entre outros fatores. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a estimativa da geração de resíduos oriundos das agroindústrias associadas à agricultura para as culturas agrícolas, soja, milho e arroz, representaram um total de quase 74 milhões de toneladas de resíduos para o ano de 2009 (IPEA, 2012).

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2016), em 2012, foram produzidos, no Brasil, mais de 70 milhões de toneladas de milho em grãos. A quantidade de sabugo fica entre 15% e 20% dessa quantia, gerando, por ano, mais de 10 milhões de toneladas de sabugo (BENTO; CASARIL, 2012).

Ao combinar materiais com características e propriedades diferentes, pretende-se obter um composto onde as propriedades físicas e químicas dos constituintes se complementem, de forma a obter um material superior a qualquer um dos seus constituintes isolados e adequado aos fins pretendidos. Com materiais compósitos é possível obter produtos com diferentes propriedades, entre as quais se pode citar: leveza, ductilidade, resistência a altas temperaturas, maior dureza e resistência ao choque (MACEDO et al., 2011).

Os isolantes térmicos são utilizados com o objetivo de reduzir as trocas de calor entre dois meios. O isolamento pode ser utilizado para diversas finalidades, como o condicionamento da temperatura em um ambiente, conforto térmico, proteção de estruturas a fim de evitar dilatações em lajes, conservação, estocagem e processamento de alimentos, economia de energia, entre outros (FENILLI, 2008). Os materiais isolantes térmicos apresentam baixo coeficiente de condutividade térmica, o que implica em baixa densidade e alta resistência térmica devido à porosidade. Portanto, quanto maior o número de poros do material, maior a presença de gases ou ar em seus vazios, o que impede a transferência de calor (BEZERRA, 2003).

### **1.2. ABNT NBR15.575 – desempenho térmico de edificações**

O território brasileiro, pela sua extensão geográfica e grandes diferenças no clima, foi dividido em oito zonas bioclimáticas. Para cada zona, são definidas recomendações técnico-construtivas para otimizar o desempenho térmico das edificações. A Zona Bioclimática 2, objeto desse estudo, compreende boa parte dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e alguns pontos do estado de São Paulo e Minas Gerais (ABNT, 2005).

Segundo a norma ABNT NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), para essa zona, ficam estabelecidas, para vedações externas, parede leve ( $U \leq 3,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  e  $\text{FSO} \leq 5,0 \%$ ) e cobertura leve isolada ( $U \leq 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  e  $\text{FSO} \leq 6,5 \%$ ).

Os requisitos de desempenho térmico mínimo para sistemas de vedações verticais são estabelecidos no Brasil através da norma ABNT NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). Um dos critérios adotados para avaliação do desempenho térmico desses sistemas é a transmitância térmica ( $U$ ) de paredes externas. No caso de paredes externas, para a Zona

Bioclimática 2, o valor estabelecido é  $U \leq 2,5 \text{ W / (m}^2\text{K)}$  (ABNT, 2013). No caso da variável fator solar para paredes, a ABNT NBR15220-3 recomenda o valor  $FSO \leq 5,0 \%$  (ABNT, 2005a).

### 1.3. Compósito à base de sabugo de milho

Pesquisas apontam para o uso de resíduos agrícolas como a casca de arroz, sabugo de milho e talos de girassol, dentre outros, na formulação de compósitos para uso em revestimentos internos de forros e paredes, na forma de painéis ou adicionados na camada de reboco para contribuir com a eficiência energética das edificações, diminuindo a transmissão de calor entre os ambientes. Possuem a vantagem de serem materiais totalmente renováveis, regionais e de baixo impacto ambiental (KORJENIC et al., 2011; MENDES et al., 2010; PANYAKAEW; FOTIOS, 2011; ROSA et al., 2015).

Mishra, Chakraverty e Banerjee (1986) trabalharam com a aplicação da casca de arroz em placas de isolamento, materiais de embalagem e cerâmicos. Os autores avaliaram a condutividade térmica da casca de arroz inteira, com valores de  $0,059 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , e moída,  $0,082 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ , com diferentes teores de umidade. O uso das cascas de arroz inteiras resultou em um material de menor condutividade térmica.

Rout e Satapathy (2012) avaliaram a condutividade térmica de compósitos elaborados com resina epóxi, com adição de casca de arroz em diferentes proporções. Os autores constataram que, desde a resina pura até o compósito com resina e 6,5% de casca de arroz, ocorreu uma redução média de 8,6% no valor da condutividade, resultando em  $0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  como menor valor alcançado.

Adamy et al. (2016) apresentaram e compararam diferentes compósitos que possuem como base o talo de girassol, quanto às suas propriedades isolantes pertinentes aos requisitos de desempenho térmico mínimo estabelecidos pela norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013) em sistemas de vedações verticais. Assim, demonstraram que compósitos produzidos utilizando talos de girassol apresentam um futuro promissor para uso como isolante térmico em aplicações.

Rosa e Scherer (2018) avaliaram através de simulações dos resíduos agrícolas, casca de arroz e sabugo de milho em compósitos para destinação de isolamento térmico para edificações na região sul do Brasil. Concluíram assim, que o uso da casca de arroz e do sabugo de milho possui um papel importante no isolamento térmico. Estes estudos demonstram a viabilidade do uso de resíduos agrícolas para isolamento térmico.

### 1.4. Aglomerantes

Aglomerante e aglutinante são termos adotados para designar um componente de ligação usado para unir materiais de granulação fina ou partículas, com a finalidade de se obter corpos ou fragmentos coesos. As substâncias usadas para unir materiais são também comumente denominadas ligantes, colas, adesivos e resinas.

O óleo de mamona, pela pureza e possibilidade de sua sintetização, é muito empregado na fabricação de poliuretanos. A versatilidade e a origem natural e renovável, alta resistência aos agentes agressivos, o torna um produto melhor que os polímeros derivados do petróleo (CRUZ, 2009).

Conforme Ramalho (2013), os polióis originados do petróleo estão sendo substituídos pelo poliálcool presente no óleo de mamona. Sua biodegradabilidade é uma das principais razões para a entrada deste produto no mercado, tanto que o mesmo já tem sido tratado com os termos biopolímero e polímero mais sustentável.

Muitas pesquisas têm usado esse material como aglomerante em compósitos naturais. Fiorelli et al. (2012) compararam o desempenho do uso do poliuretano (PU) de óleo de



mamona e um adesivo de ureia-formaldeído, na fabricação de painéis de partículas feitos com fibra de coco. O PU de mamona apresentou resultados superiores aos da resina de ureia-formaldeído, melhorando as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.

### 1.5. Ensaio de caracterização

A condutividade térmica está relacionada à capacidade térmica de um material conduzir calor e determina o gradiente de temperatura ao longo de sua geometria. Nos compósitos, a condutividade térmica depende principalmente de seus constituintes, mas também da presença de espaços vazios e de sua homogeneidade (SILVA, 1997).

Nos materiais isolantes, a condutividade térmica varia em função da sua estrutura porosa, cujas pequenas cavidades detêm gases de baixa condutividade térmica confinados nas células fechadas. O principal fator que afeta a condutividade dos isolantes térmicos é a espessura desse material, outros fatores a serem considerados incluem a massa específica, tamanho das células do material, umidade e temperatura ambiente (MENDES, 2002).

A resistência a flexão é importante para que se conheçam as propriedades mecânicas, físicas e químicas dos materiais de constituição e como eles podem ser combinados. Pode-se considerar que as fibras naturais são abundantes e oriundas de fontes renováveis, assim, são potenciais reforços para compósitos. Johnston (1994) define que a ação das fibras no compósito tende primeiro a reforçá-lo sobre todos os modos de carregamento que induzem tensões de tração (tração indireta, flexão e cisalhamento), melhorando, conseqüentemente, a ductilidade e a tenacidade da matriz com características frágeis.

## 3. METODOLOGIA

O resíduo de sabugo de milho foi doado por uma propriedade na localidade de Santa Eulália, distrito do município de Santa Margarida do Sul, localizado na região sudoeste do estado do RS, devido a disponibilidade e proximidade de Santa Maria, RS.

A resina usada como aglutinante foi doada pela empresa Imperveg®, tem a denominação comercial resina AGT 1315 (3 kg ou 1 l de resina custam cerca de U\$48). Esse produto pode ser aplicado como adesivo ou aglomerante para formação de compósitos com fibras vegetais.

O sabugo de milho passou por uma trituração em moedor forrageiro da marca TRAPP, modelo TRF 70. Após esse procedimento, o material foi separado em peneiras com malhas 4,8 mm, 6,3 mm e 9,5 mm correspondendo a granulometrias fina, média e grossa respectivamente. Os compósitos foram elaborados utilizando sabugo de milho triturado e resina denominada AGT 1315, como material aglutinante, em diferentes proporções, originando três diferentes compósitos denominados de:

- A (26,25% moído grosso + 26,25% moído fino + 47,50% de resina);
- B (26,25% moído fino + 13,10% moído grosso + 13,10% moído médio + 47,50% de resina);
- C (26,25% moído fino + 26,25% moído médio + 47,50% de resina).

Os compósitos foram confeccionados com medidas de 100 mm x 100 mm x 30 mm. Os corpos de prova foram preparados em moldes de madeira na medida de 100 mm x 100 mm x 30 mm por exigência do ensaio de condutividade térmica. Inicialmente foram misturados os sabugos triturados de milho e misturados com a resina, conforme Figura 1, colocadas dentro de moldes com uma espátula e, após, foi colocado para cura a temperatura ambiente por 24 horas e desenformado.

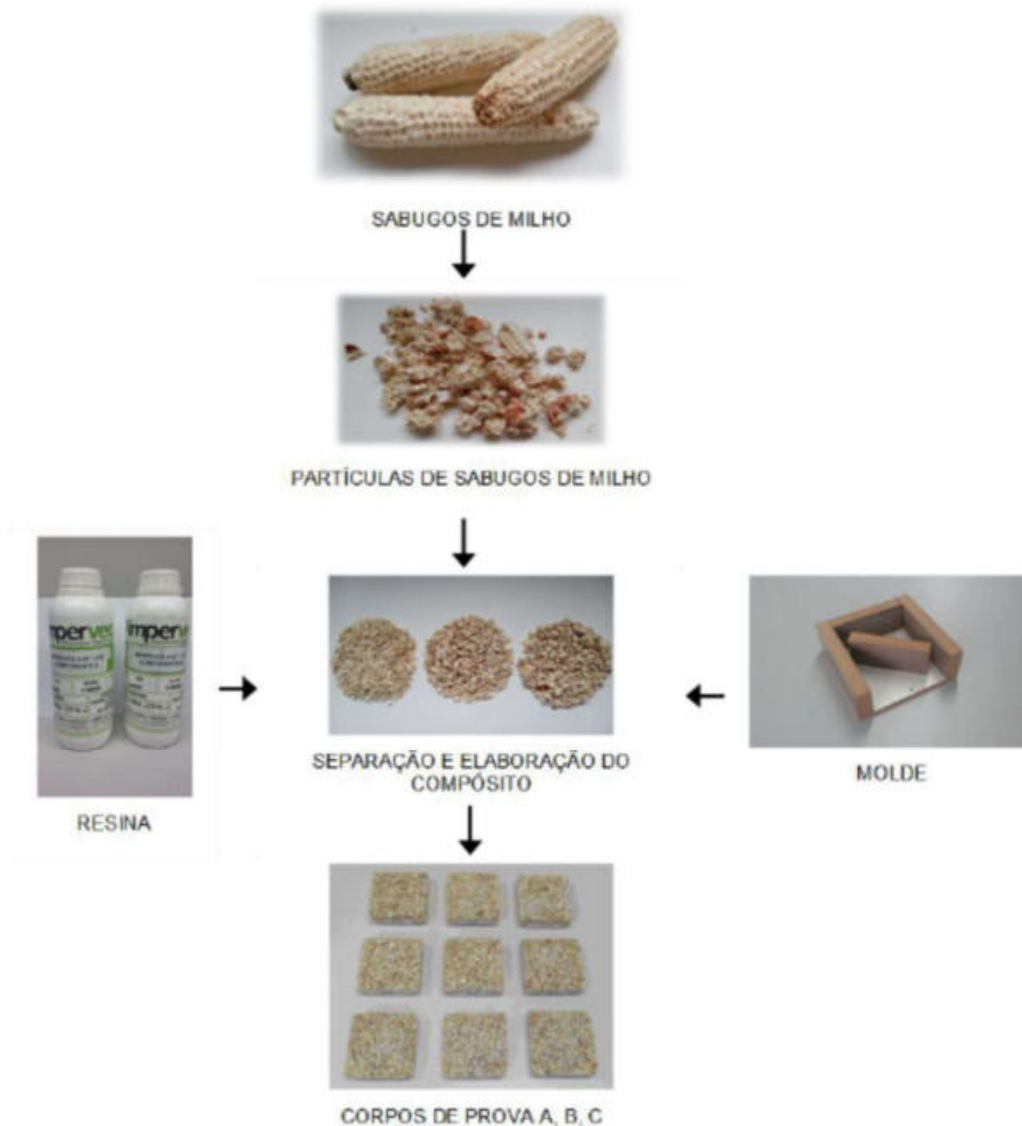


Figura 1. Elaboração dos compósitos

### 2.1. Condutividade térmica

O ensaio de condutividade térmica foi realizado no Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), da Universidade Federal de Santa Catarina, baseado na Norma Técnica ASTM C-518 (*Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus*) e ISO 8301 (*Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus*) (ASTM, 2017; ISO, 1991).

### 2.2. Resistência mecânica – flexão

Foram preparados corpos de prova nas dimensões 160mm x 40mm x 40mm, para as formulações A, B e C (três unidades de cada) (ABNT, 2005b). A tensão de ruptura (F) foi avaliada num equipamento universal de ensaios Solotest do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade Federal de Santa Maria. O corpo de prova a ser avaliado é submetido à aplicação de uma carga em três pontos. A fratura do corpo de prova inicia no ponto central e inferior da amostra.

### 2.3. Ensaio de densidade de massa aparente

Este ensaio foi conduzido conforme método previsto na norma NBR 11356 (ABNT, 2016), a qual é utilizada para determinação da densidade de massa aparente de isolantes térmicos à base de fibras minerais, tais como painéis, mantas e feltros. Para determinação da densidade do compósito, foram utilizados três corpos de prova de 100mm x 100mm x 30mm, elaborados com a composição escolhida mediante os resultados do teste de condutividade térmica, seguindo as mesmas condições de fabricação descritas anteriormente. A densidade das amostras foi medida com base no seu peso (kg) e nas suas dimensões volumétricas ( $m^3$ ) e determinada por meio da razão entre sua massa e volume. Para a obtenção dos dados, utilizou-se um paquímetro analógico da marca Mitutoyo e uma balança digital BEL Mark L10001, com capacidade para 10 kg, ambos disponibilizados pelo CB3E da Universidade Federal de Santa Catarina.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de condutividade térmica e densidade de massa aparente dos diferentes compósitos estão no Quadro 1.

Quadro 1. Condutividade térmica e densidade dos diferentes compósitos elaborados

Compósitos	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) (W/(m.K))	Densidade de massa aparente ( $\rho$ ) (g/cm <sup>3</sup> )
A	0,114a $\pm$ 0,05	0,369a $\pm$ 0,01
B	0,113a $\pm$ 0,02	0,362a $\pm$ 0,03
C	0,107a $\pm$ 0,02	0,334a $\pm$ 0,03

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não mostram diferença estatística em nível de 5%. N=3, A= 50% moído grosso + 50% moído fino, B= 50% moído fino + 25% grosso + 25% médio, C=50% moído fino + 50% médio.

No Quadro 1, observa-se que os compósitos não apresentam diferença estatística entre si quanto à condutividade térmica, apresentando um valor médio de 0,111 W/(m.K).

A partir dos resultados encontrados, observa-se que todos os compósitos elaborados podem ser isolantes térmicos, pois apresentam condutividade térmica inferior a 0,21 W/(m.K), valor máximo admissível para isolantes térmicos segundo Oliveira (2015). Oliveira (2015) desenvolveu compósitos com sabugo de milho em diferentes granulometrias e uma resina escura chamada de AZ 4.6 comercializada pela ARA Quimica S/A na proporção de 80% em relação ao sabugo. Esses compósitos apresentaram condutividade térmica em torno de 0,186 W/(m.K), valores superiores aos encontrados neste trabalho, mostrando que os compósitos elaborados com a resina AGT 1315 e nas proporções citadas são melhores isolantes térmicos.

O conhecimento da densidade dos materiais é de fundamental importância, pois influencia no peso total do sistema ao qual o material é aplicado. A variação da densidade (Quadro 1) ficou entre 0,334 g/cm<sup>3</sup> e 0,369g/cm<sup>3</sup> sem evidenciar relação direta com a incorporação da resina, o que provavelmente está relacionado à falta de homogeneidade na distribuição das partículas no processo de fabricação dos compósitos. A densidade é uma propriedade relevante para determinação da resistência dos materiais em geral. No sabugo de milho, objeto dessa pesquisa, assim como em alguns materiais lignocelulósicos, por ser um material natural as diferenças do tamanho dos sabugos podem interferir na densidade do material. Marinho et al. (2013) elaboraram compósitos com bambu e resina de poliuretano derivado da mamona e a densidade dos compósitos variaram entre 0,85 g/cm<sup>3</sup> e 0,96g/cm<sup>3</sup>, semelhante ao encontrado neste trabalho.

Comparando os valores encontrados aqui com os materiais comumente usados como isolantes térmicos, tais como madeira (0,620 g/cm<sup>3</sup>), asbesto (0,480 g/cm<sup>3</sup>), gesso (0,800 g/cm<sup>3</sup>) e compensado (0,615 g/cm<sup>3</sup>), observa-se que apresentam densidade menor (INCROPERA; DEWITT, 2008). Entretanto, em relação a lã de vidro (0,02 g/cm<sup>3</sup>) e espuma de PU (0,015 g/cm<sup>3</sup>), (KREITH, 2008; GALVÃO, 2014), os valores encontrados possuem densidade maior. Dessa forma o compósito elaborado é relativamente leve e tem sua densidade dentro da faixa dos materiais considerados isolantes, facilitando seu uso em aplicações apropriadas.

### 3.1. Resistência à flexão

A resistência à flexão dos compósitos A, B e C são mostrados na Quadro 2.

**Quadro 2.** Resultados de resistência à flexão dos compósitos

Compósitos	Resistência à flexão (MPa)	
	Média	Desvio-padrão
A	2,97	0,302
B	3,79	0,344
C	2,00	0,151

Letras minúsculas iguais na mesma coluna não mostram diferença estatística ao nível de 5%. N=3, A= 50% moído grosso + 50% moído fino, B= 50% moído fino + 25% grosso + 25% médio, C=50% moído fino + 50% médio.

O Quadro 2 mostra que o compósito B (3,79 MPa) apresenta maior resistência a flexão que os demais. Os resultados encontrados nesse trabalho mostram que os compósitos elaborados podem ser aplicados em materiais que não exijam grandes esforços a flexão.

A norma ABNT NBR 16494 (ABNT, 2017) que determina os requisitos para blocos de gesso para vedação vertical e define os valores de resistência à flexão como igual ou superior a 1,0 MPa, 1,2 MPa e 1,5 MPa, respectivamente para blocos de gesso compactos com espessura de 50mm, 70mm e 100mm (ABNT, 2017, p. 5). Levando em consideração essa norma, o compósito a base de sabugo de milho sendo avaliado nesta pesquisa é ao gesso nas espessuras acima mencionadas, pois possui resistência a flexão que varia entre 2,0MPa e 3,79MPa.

## 4. CONCLUSÕES

Os parâmetros térmicos analisados mostram que os compósitos à base de sabugo de milho podem ser usados como isolantes térmicos, pois possuem valores compatíveis com os isolantes térmicos convencionais.

Com relação à densidade aparente, os compósitos apresentaram valores próximos à isolantes disponíveis comercialmente, com vasta área de aplicação.

Dentre os compósitos elaborados o B (50% sabugo moído fino, 25% sabugo moído grosso e 25% moído médio) apresentou maior resistência mecânica, sendo similar a resistência mecânica do gesso usado usualmente na construção civil como vedante vertical.

Esse estudo mostrou que a utilização de um resíduo agrícola para preparação de material isolante térmico é possível e comercialmente viável, informação importante para os agricultores que podem usar esse material para isolamento térmico em vez da queima, além de garantir considerável economia de energia.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2016). NBR 11356: Isolantes térmicos à base de fibras minerais — painéis, mantas e feltros — determinação das dimensões e da massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2005b). NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2005a). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2013). NBR 15575-4: Edificações habitacionais – desempenho parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT.
- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas (2017). NBR 16494: Bloco de gesso para vedação vertical — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT.
- Adamy, A.; Rosa, F.; Rosa, L. (2016). Desempenho térmico de compósitos à base de talos de girassol em componentes de edificações. Revista Espacios , v.37 n.15, p.10.
- ASTM. American Society For Testing And Materials (2017). ASTM C518: Standard test method for steady state thermal transmission properties by means of the heat flow apparatus.
- Bento, C. B. P.; Casaril, K. B. P. B. (2012). Bioconversão de resíduos agroindustriais lignocelulósicos por fungos causadores da podridão branca: uma alternativa à produção de alimentos. Faz Ciência, v. 14, n. 19, p. 151-180.
- Bezerra, I. A. C. (2003). Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS com agregado graúdo. 2003. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- CONAB. Companhia nacional de abastecimento. (2016). Compêndio de estudos CONAB: análise dos custos de produção e rentabilidade da cultura do milho. Brasília: CONAB.
- Cruz, M. P. (2009). Aplicação de resíduo industrial para isolamento térmico: uma proposta para utilização do poliuretano de mamona com agregado de resíduo plástico termofixo. 2009. 115f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Cunha, P. W. S. (2012). Estudo sobre as potencialidades de compósitos a base de gesso e fibra de coco seco para a aplicação na construção civil. 2012. 120f, Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Fenilli, R. J. (2008). Sistemas termoisolantes: tipos, finalidades e aplicação. Climatização & refrigeração. N. 94.
- Fiorelli, J.; Curtolo, D. D.; Barrero, N. G.; Savastano jr., H.; Pallone, E. M. J. A.; Johnson, R. (2012). Particulate composite based on coconut fiber and castor oil polyurethane adhesive: an eco-efficient product. Industrial crops and products. V. 40, p. 69–75.
- Galvão, A.C.P. (2014). Obtenção e caracterização de um compósito de poliuretano de mamona e pó de vidro para aplicações como isolante térmico. 2014. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Incropera, F.P. e Dewitt, D.P. (2008). Fundamentos de transferência de calor e de massa. 6 ed. Rio de Janeiro: Editora ITC.
- ISO. International Standardization Organization (1991). ISO 8301: Thermal insulation -- determination of steady-state thermal resistance and related properties -- heat flow meter apparatus. Switzerland.
- IPEA. Instituto de pesquisa econômica aplicada. Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas (2012). Brasília: IPEA.
- Jonnston, C.D. (1994). Fiber-reinforced cement and concrete. In: advances in concrete technology . 2 ed. Ottawa. V.M. Malhorta, p. 603-673.



- Korjenic, A.; Petránek, V.; Zach, J.; Hroudová, J. (2011). *Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. Energy And Buildings*. V. 43, n. 9, p. 2518-2523.
- Kreith, F. (2008). *Princípios de transmissão de calor*. 9 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- Macedo, M. C.; Souza, I. G. M.; Gomes, I. R. B.; Medeiros, I. C. (2011). *Materiais compósitos a base de gesso e isopor para a construção de casas populares. Holos*. V.5, p. 95-105.
- Marinho, N.; Nascimento, E.; Nisgoski, S.; Magalhães, W.; Neto, S.; Azevedo, E. (2013). *Caracterização física e térmica de compósito de poliuretano derivado de óleo de mamona associado com partículas de bambu. Polímeros*, v.23, n. 2, p. 201-205.
- Mendes, J.U.L. (2002). *Desenvolvimento de um compósito biodegradável para isolamento térmico*. 2002. 141f. Tese (Doutorado em Engenharia dos Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Mendes, R. F.; Mendes, I. M.; Guimarães Junior, J. B.; Mori, F. A.; César, A. A. da S. (2010). *Efeito da incorporação de casca de café nas propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados de eucalyptus urophylla s.t. blake. Ciência e Agrotecnologia, Lavras*, v.34, n.3, p.610-617.
- Mishra, P.; Chakraverty, A.; Banerjee, H. D. (1986). *Studies on physical and thermal properties of rice husk related to its industrial application. Journal Of Materials Science*, v. 21, p. 2129-2132.
- Oliveira, M. L. (2015). *Obtenção e caracterização de um compósito de matriz polimérica com carga de resíduos vegetal proveniente do sabugo de milho*. 2015. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- Panyakaew, S.; Fotios, S. (2011). *New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. Energy And Buildings*, v. 43, n. 7, p. 1732-1739.
- Pinto, J.; Pereira, H.; Vilela, P.; Jacinto, C.; Vieira, J.; Paiva, A.; Pereira, S.; Ferreira, J.; Cunha, V. M. C. F.; Varum, H. (2012). *Camada de regularização com agregado de granulado de caroço da espiga de milho*. In: 4º congresso português de argamassas e étics, 4, 2012: Anais... Coimbra. APFAC.
- Ramalho, H. F. (2013). *O crescente uso de poliuretanas derivadas do óleo de mamona no mercado de polímeros. Revista virtual de química*, v. 5, n. 1, p. 117-118.
- Rosa, F. S.; Scherer, M. (2018). *Desempenho térmico de paredes de alvenaria protegidas com revestimento de compósitos de resíduos agrícolas. Revista Gestão Industrial*, v.14, n. 2, p. 96-113.
- Rosa, L. C.; Santor, C. G.; Lovato, A.; Rosa, C. S.; Güths, S. (2015). *Use of rice husk and sunflower stalk as a substitute for glass wool in thermal insulation of solar collector. Journal Of Cleaner Production*, v. 104, p. 90-97.
- Rout, A. K.; Satapathy, A. (2012). *Computational and experimental investigation on thermal insulation capabilities of rice husk filled epoxy composites. Computational Thermal Sciences*, v. 4, n. 2, p. 107-114.
- Schultz, P.; Ferreira, O. P. (2004). *Estudo de viabilidade da utilização de poliuretana vegetal como aglomerantes de resíduos para a produção de componentes construtivos*. In: I conferência latino-americana de construção sustentável X encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. 2004: Anais... São Paulo.
- Silva, S.B. (1997). *Propriedades termofísicas de polpa de abacaxi*. 1997. 93f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, pela bolsa concedida, ao Laboratório de Materiais de Construção Civil – UFSM e ao Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E) – UFSC, pelos ensaios efetuados, à Imperveg®, que forneceu a resina utilizada, pelo suporte a este trabalho.

## O EMPREGO DA ANÁLISE TERMOGRÁFICA NO ESTUDO DA DURABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Vicente Junio de Oliveira Rosse ([vicente.rosse@engenharia.ufff.br](mailto:vicente.rosse@engenharia.ufff.br)); Ana Flávia Ramos Cruz ([ana.cruz@engenharia.ufff.br](mailto:ana.cruz@engenharia.ufff.br)); Marina Barbosa Nogueira Lucena ([marina.nogueira@engenharia.ufff.br](mailto:marina.nogueira@engenharia.ufff.br)); Maria Teresa Gomes Barbosa ([teresa.barbosa@engenharia.ufff.br](mailto:teresa.barbosa@engenharia.ufff.br))

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia (UFJF) - Brazil

**Palavras chave:** Estanqueidade, Grau de Degradação, Termografia, Vida Útil.

*Um dos principais indicadores do bom desempenho das fachadas é sua estanqueidade. O reparo de danos mal mensurados usando métodos pouco conhecidos é causa de grande impacto ambiental atualmente. Como a fachada é uma das partes da edificação que mais causa desconforto ao usuário, quando não responde bem à ação dos agentes atmosféricos, este objeto de estudo torna-se muito relevante. A incapacidade de impedir a absorção de água da fachada é um dos principais causadores de degradação, resultando em manifestações patológicas. Este trabalho tem como objetivo estimar o grau de degradação da fachada com auxílio de dados termográficos (imagens termográficas) para o mapeamento de danos decorrente da presença de umidade, e assim auxiliar na manutenção limpa e efetiva do elemento construtivo; juntamente será realizada, uma pesquisa bibliográfica, sobre os métodos de quantificação de danos no revestimento da fachada. Logo, apresenta-se uma metodologia para o uso deste método (ensaio não destrutivo) de avaliação de degradação, bem como da representação dos danos nas edificações, mas especificadamente, fachadas. E, finalmente, é exposta uma proposta para monitoramento de manifestações patológicas causados pela falta de estanqueidade nas fachadas, através da representação destas por meio de diferença de temperatura.*

### 1. INTRODUÇÃO

A habitação é essencial para o equilíbrio social de uma nação, tendo em vista que a ela estão relacionados segurança, conforto e abrigo de uma pessoa. A moradia digna é considerada um dos principais direitos do homem. O acesso à “casa própria” é um grande desejo do cidadão, pois esta é um forte fator de estabilidade social e política. No Brasil, a questão habitacional é discutida a longa data, já que no país boa parte da população ainda não possui habitação própria. Desde criança o lar é passado como sinônimo de segurança, abrigo e status, que permitem o indivíduo decretar a conquista dos seus objetivos. Para que as conquistas de um imóvel como meio de inserção social o desenvolvimento sustentável de uma nação torna-se essencial, visto as demasiadas necessidades da população.

O termo desenvolvimento sustentável data de 1980, porém só foi consagrado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Comissão Brundtland. Esta comissão produziu um relatório que define o desenvolvimento sustentável como sendo:

*“um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações futuras... é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades.”*  
(COMISSÃO BRUNDTLAND (1987))

Com isso surgiu a necessidade de criar instrumentos de mensuração, tais como os indicadores de desenvolvimento que se resumem a ferramentas com variáveis associadas para dar significado aos fenômenos a eles atrelados. Em se tratando de desenvolvimento sustentável, o Índice de Desenvolvimento Sustentável (IDS) é um instrumento essencial para acompanhar e avaliar os progressos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE ano) o IDS é organizado em pilares essenciais ao bom desenvolvimento do país, são eles:

- Ambiental - este pilar está relacionado com a preservação e conservação do meio ambiente, sendo considerado fundamental na qualidade de vida das gerações atual e futura. Expressando pressões sobre o ambiente e políticas ambientais influenciando fortemente na saúde e qualidade de vida da população.
- Social – ligado em essência às satisfazer necessidades básicas humanas e melhoria na qualidade de vida e justiça social. Explicita nele as desigualdades acarretadas por sexo e cor ou raça.
- Econômica – este pilar trata as questões de esgotamento de recursos, do reaproveitamento e melhor uso de resíduos, assim como a energia. Se preocupando com a eficiência do processo construtivo e produtivo, a fim de adequá-lo ao aspecto sustentável e economicamente viável
- Institucional – relacionado a capacidade de esforço que o governo e sociedade estão dispostos para implementar mudanças no âmbito do desenvolvimento sustentável.

O IBGE ainda menciona que o IDS é uma das principais fontes de informação sobre os pilares que regem o desenvolvimento sustentável no Brasil. Considerando a necessidade do país em gerar, no aspecto social, menor disparidade na população, o Governo Federal lançou, em 2009, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) objetivando diminuir a parcela da população que não possui casa própria, tornando assim a conquista deste empreendimento mais acessível às famílias, em especial as mais humildes. Como o interesse deste programa, e conseqüentemente, seus empreendimentos imobiliários é o público de baixa renda, seus imóveis são considerados de baixo padrão de acabamento, e muitas das vezes são usados materiais que comprometem a boa eficiência e resposta da edificação ao meio.

Neste contexto, o uso de materiais com baixo desempenho, em especial se tratando da fachada da edificação, acarreta em diversas manifestações patológicas (MP) principalmente, se analisarmos as vedações verticais que é um dos componentes mais exposto ao intemperismo, como: chuva direcionada, variação de temperatura, efeito de ventos e radiação solar, dentre outros. Segundo Silva (2008) esse componente da edificação está sujeito ao aparecimento de diversos tipos de manifestações patológicas, bolores, eflorescência, vesículas, fissuras, entre outros, causando desconforto aos usuários e transgredindo as premissas do IDS.

Nesse contexto, em 2013 a norma de desempenho brasileira, NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho, entrou em vigência e traz consigo o conceito de vida útil de projeto definido como sendo “período de tempo em que um edifício e/ou sistema se prestam a atividades para os quais foram projetados ou construídos[...]” (ABNT NBR 15.575 (2013)) e prescreve., ainda, a necessidade de atender requisitos mínimos, sendo que a vida útil não pode ser confundida com os prazos (legal e contratual) da obra.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho busca avaliar um empreendimento, resultado do PMCMV que possui revestimento das vedações verticais externas (VVE) argamassado. Na avaliação do grau de degradação da uma fachada, empregou-se o ensaio não destrutivo de termografia, pois é possível apresentar falhas atuais e futuras além de ser uma técnica simples, baseada no

princípio da emissão de energia do material, representada em imagens que são traduzidas em regiões de calor diferenciadas (CORTIZO (2007); SILVA (2012); BAUER et al, 2018).

Salienta-se que a variação dos ângulos, no seu manuseio da câmera termográfica causa grande distorção nos valores de emissividade e, conseqüentemente, na qualidade dos termogramas gerados (BARREIRA et al, 2014), sendo ideais para a coleta de imagens os ângulos do intervalo entre 0° e 20°, pois estes mostram com melhor precisão, e sem interferência de corpos celestes, as diferenças de temperatura do objeto em análise (CRUZ et al, 2018).

O uso da câmera termográfica é interessante por ser eficiente e enquadrar-se como ensaio não destrutivo (END), o que torna ela um aparato economicamente e ambientalmente viável, já que não gera gastos de reforma à edificação. No que se refere às análises dos termogramas obtidos, existem muitas ferramentas passíveis de serem empregadas e, nesse estudo, será avaliado o emprego do Método de gravidade, urgência e tendência (GUT). Segundo Sotille (2014), este método é uma matriz de priorização na qual definem-se prioridades das diversas alternativas de ação. Sendo assim, esta ferramenta prioriza de forma racional, levando em consideração a gravidade, a urgência e a tendência do fenômeno, o que permite escolher a tomada de ação menos prejudicial.

Finalmente, este trabalho tem como objetivo, capturar a radiação térmica emitida pelos corpos, usando a câmera termográfica; a avaliar as áreas afetadas da região de estudo, com base nos termogramas gerados, e definir as prioridades de correção das manifestações, causadas pela estanqueidade deficiente.

### 3. METODOLOGIA

Neste estudo foram avaliadas as fachadas de um condomínio de edifícios residenciais com 5 pavimentos tipo (composto por 8 apartamentos por andar), como mostrado na Figura 1. Os apartamentos possuem dois quartos, um banheiro, sala conjugada com cozinha mais área de serviço, com padrão de acabamento baixo e fazem parte do Programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal. Suas características construtivas resumem-se a um edifício construído alvenaria estrutural com revestimento argamassado, e possui uma idade aproximada de 5 anos.

Salienta-se que a edificação em questão está localizada na cidade de Juiz de Fora (zona da mata mineira), que possui clima tropical de altitude segundo classificação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ou seja, verão com elevados índices de calor e umidade; a temperatura média anual é de 20,1°C e uma pluviosidade média de 1504 mm. A Figura 2 mostra a localização do empreendimento no mapa da cidade, que se localiza na região leste da cidade, numa zona essencialmente residencial e de baixa agressividade ambiental.





Figura 1. Fachada do edifício estudado. Fonte: os autores.

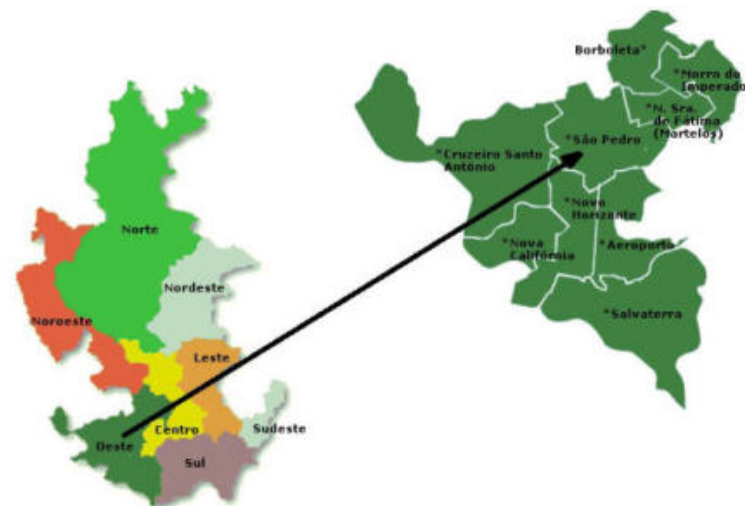


Figura 2. Regiões da cidade de Juiz de Fora e Bairro onde se localiza a edificação em. Fonte: adaptado do google maps.

Adotou-se os procedimentos descritos a seguir a fim de minimizar possíveis erros:

- i) Inicialmente efetuou-se uma revisão bibliográfica acerca do uso da câmera termográfica, para possibilitar na inspeção com boa identificação dos pontos mais críticos da obra, tomando, também, como observação reclamação dos moradores sobre infiltrações nas fachadas.

Adotou-se a metodologia baseada em Cruz et al (2018) na captura dos termogramas, possibilitando escolher os melhores ângulos de captura. As imagens foram feitas em sequência durante uma semana, e a variação climática entre os dias de estudo pôde ser considerada desprezível, tendo em vista a baixa variação térmica e de umidade, a temperatura média foi de 23°C e a umidade relativa estava em torno de 26%.

Para realização das fotografias foi usada a câmera do modelo FLIR ONE: Thermal Imaging Camera for Apple, que oferece uma série de filtros de contraste, que explicitam os pontos com diferença de temperatura, fazendo um mapa da fachada como mostra a Figura 3.

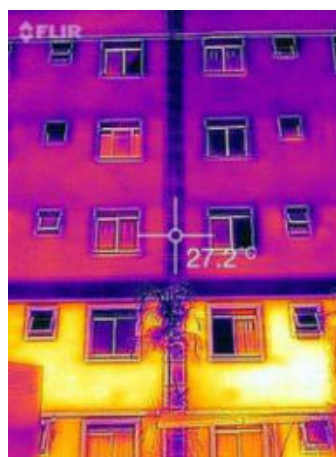


Figura 3. Modelo de termograma usado. Fonte: os autores.

- i) Para procedimento da coleta de dados foram seguidos os parâmetros descritos a seguir: primeiramente a coleta de dados foi realizada por andar; sendo que a câmara foi posicionada a uma distância de 5 metros em relação à fachada e de 1,45 metros em relação ao piso. No que se refere a inclinação da máquina, adotou-se as informações fornecidas por



Cruz et al (2018), ou seja, os ângulos verticais entre 0° e 20°, tendo em vista que os autores analisaram as variações de ângulo e verificaram que em angulações onde a câmera está com mais de 20° a coleta dos dados é prejudicada pela emissividade de corpos celestes.

- ii) Após o término da coleta de dados (fotos e termogramas), com o auxílio do software Autodesk AutoCad, as imagens foram sobrepostas por um desenho esquemático como mostrado na Figura 4. A imagem ortogonalizada permitiu obter a área afetada com maior precisão através das figuras formadas nas diferentes cores do termograma.
- iii) Em seguida determinou-se a porcentagem de área degradada através de uma adaptação do modelo de Método de Mensuração da Degradação (MMD) proposto por Santos et al (2018), obtendo-se um fator de dano (FD), que permitirá mensurar as prioridades de correção das fachadas analisadas neste projeto, conforme apresentado na equação 1.

$$FD = \frac{\sum AD}{AT} \quad (1)$$

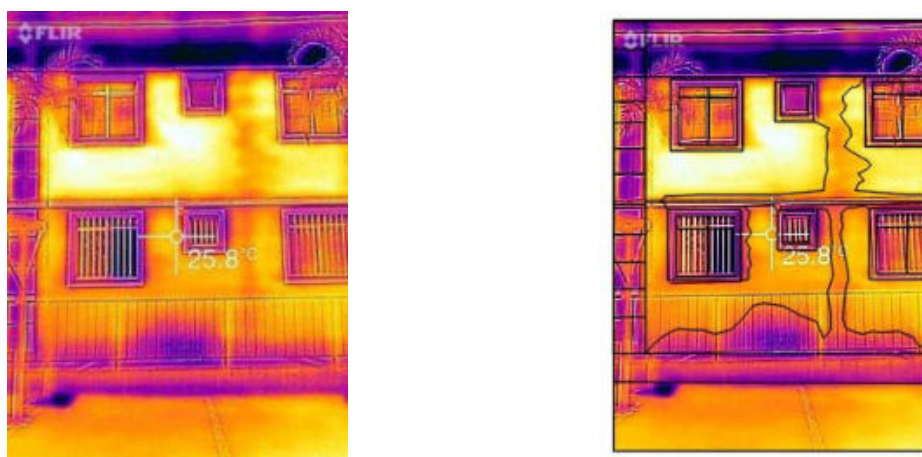


Figura 4. figura demonstrativa do auxílio do software AutoCad na obtenção do esquema 2D. Fonte: os autores

- iv) Após encontrada a área não degradada da fachada procedeu-se uma adaptação do método GUT. Segundo Martins *et al* (2017) este método baseia-se na análise dos problemas de modo que estes receberão uma nota de 1 a 5 em cada uma das características: gravidade, urgência e tendência, conforme mostrado na Tabela 1. Em seguida os pontos da escala GUT são multiplicados, dando origem a um fator resultante para cada problema, assim as podem ser tomadas com mais facilidade ações de gerenciamento.

Tabela 1. Pontuação do GUT e adaptação para umidade em fachada.

PONTOS	Gravidade	Urgência	Tendência	Origem da manifestação patológica
	Consequência se nada for feito	Prazo para tomada de ações	Progressão do problema	
5	Gravíssima	Ação imediata	Considerável	Umidade ascensional
4	Muito grave	Urgente	Rápida	Umidade oriunda das chuvas
3	Grave	Rápida	Média	Umidade acidental
2	Pouco grave	Programada	Lenta	Umidade proveniente da construção
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Irrelevante	Umidade relativa do ar

Fonte: OLIVEIRA, 1995, adaptado.

Uma proposição de adaptação do método dos fatores também é feita para este trabalho, de modo que existam três fatores, que representam desvios das condições assumidas no projeto, como mostrado na Tabela 2.

Com os valores encontrados na Tabela 2, é possível proceder o cálculo da vida útil estimada através da equação 2.

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \quad (2)$$

Onde:

- VUE= vida útil estimada;
- VUR=vida útil de referência, neste trabalho adotado o valor mínimo recomendado pela norma brasileira ABNT NBR 15575.

Tabela 2. Descrição das classes de fatores adaptado para estanqueidade

Classe dos fatores			Condições de uso			
			Para considerar	Pobre	Normal	Bom
Característica de qualidade inerente	A	Projeto	Detalhes da construção	0,8	1,0	1,2
	B	Material de Revestimento	Traço da argamassa	0,8	1,0	1,2
Meio ambiente	C	Externo (chuva dirigida)	Face oposta	0,8	1,0	1,2
			Face frontal	0,8	1,0	1,2

Fonte: Zarzar Junior, 2007, adaptado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 5 apresenta algumas imagens das regiões estudadas, onde se verifica nos termogramas, os contrastes das regiões afetadas pela presença de umidade; estes auxiliam a visualização da mudança na temperatura, causado pela presença de água na vedação da fachada, quando sua estanqueidade está comprometida.

Com o emprego dos termogramas elaborou-se, através do software AutoCad, como mostrado nas Figuras 5, uma demonstração da área degradada, com base na área no qual o espectro possui coloração mais escura, ou seja, a área degradada.

Observa-se que as fachadas que recebem mais chuva direcionada como é o caso da Figura 5(III), possuem um espectro de coloração mais escura. Este fato se dá pela provável presença de umidade no local.

Sendo assim, a câmera termográfica mostrou-se muito eficiente no auxílio da confecção de modelos a fim de mensurar danos já existentes e principalmente danos que ainda poderão aparecer. E para prevenção de danos este trabalho prosseguiu para mensurar e quantificar a degradação da fachada.

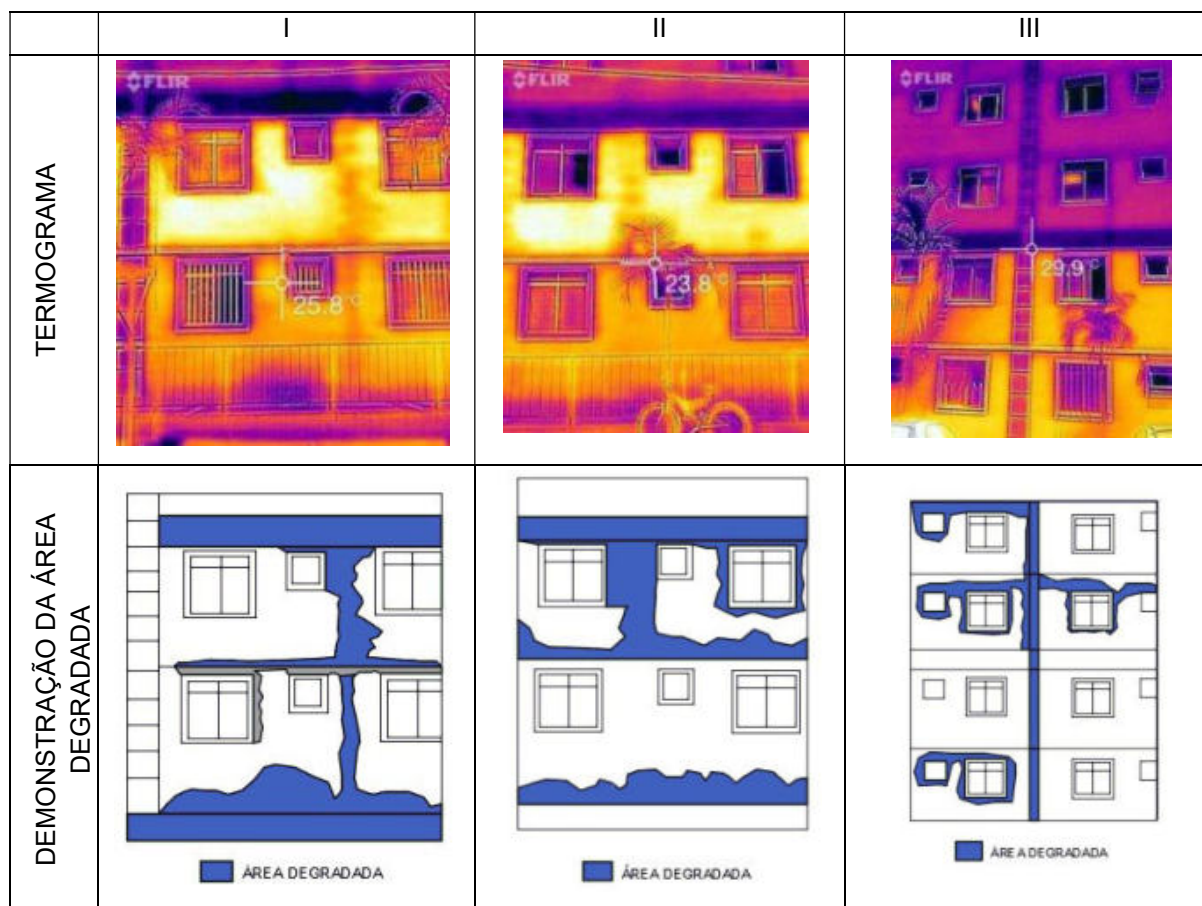
No estudo do Grau de Degradação, através da adaptação ao Método de Mensuração da Degradação (MMD) (Santos et al (2018)) calculou-se a área não degradada da fachada, como apresentado na equação (1); os resultados obtidos nas amostras da Figuras 5 estão apresentados na Tabela 3, para melhor entendimento do leitor.

Tabela 3. Cálculo da área não degradada das amostras analisadas.

Fachada	Área degradada	Área total	Fator de dano
I	19,26	59,60	0,323
II	13,10	67,06	0,195

III	7,62	60,63	0,126
-----	------	-------	-------

Fonte: os autores.



**Figura 5.** Exemplos de áreas analisadas segundo a metodologia empregada. Fonte: os autores

Fonte: os autores.

Feito isto, prossegue-se para cálculo da vida útil estimada da estrutura como um todo. Para este empreendimento analisado os valores estão expostos na Tabela 4.

Tabela 4. Calculo da vida útil estimada nas fachadas analisadas.

Critério	Fachada I	Fachada II	Fachada III
VUR – Adotado menor valor por norma	40	40	40
Nota qualidade de projeto e detalhes da construção (A)	1	1	1
Nota qualidade do revestimento (B)	0,8	0,8	0,8
Nota dada chuva dirigida na fachada (C)	0,8	0,8	1
$VUE = VUR \times A \times B \times C$	25,6	25,6	32

Considerando as fachadas I a III, apresentadas na figura 5 e a fim de ser avaliada a durabilidade e vida útil do empreendimento foi elaborada a tabela 5.

Tabela 5. Resultado das amostras analisadas

Fachada	GUT	Porcentagem de área degradada	VUE (anos)
I	5, 4 e 3	32,3%	25,6
II	5 e 4	19,5%	25,6
III	4	12,6%	32

Fonte: os autores.

Nesse sentido e possível concluir que:

- i) As fachada I e II necessitam de intervenção imediata face à presença de umidade ascensional, baixa estanqueidade na fachada, bem como a presença de umidade acidental (existente somente na fachada I), constata-se, inclusive (vide Tabela 5) que ocorrerá, sem a intervenção uma perda significativa da vida útil mínima, cerca 36%;
- ii) A fachada III necessita de intervenção urgente decorrente da presença de umidade causada pela deficiência de estanqueidade dos materiais de revestimento pois, compromete 8% (atualmente) da vida útil mínima prescrita pela normalização brasileira.

## 5. CONCLUSÕES

Conclui-se então que a câmera termográfica se mostrou com resultados satisfatórios quando analisamos fachadas, bem como a metodologia adotada para avaliar o grau de degradação da área estudada. Para bom resultado dos dados coletados, torna-se necessário tomar cuidado com objetos que estejam mais quentes por perto (como, por exemplo, pessoas e carros), tendo em vista que estes podem emitir uma radiação maior, que alterar a qualidade do termograma.

Ainda neste contexto, a metodologia de coleta é essencial para uma boa análise posterior. Salienta-se que foi possível o uso dos melhores graus de inclinação, neste estudo, por peculiaridades da edificação em questão. No caso de fachadas mais altas torna-se necessário o uso dos demais graus, mesmo que estes comprometam a qualidade do termograma. Entretanto, quando o grau de inclinação for muito elevado e a ortogonalização da imagem não for simples, recomenda-se além do método apresentado por este trabalho, fazer um gradeamento como proposto por Silva (2014), o qual seria necessário sobrepor uma malha de dimensões X e Y que ajudará na melhor mensuração das áreas afetadas.

Entre as principais manifestações patológicas que apareceram no edifício estudado destacam-se manchas, fissuração, destacamento do revestimento argamassado, e presença de matéria orgânica. As regiões mais atingidas são as fachadas dos cômodos de área molhada, e as que recebem chuvas direcionadas. Além dos efeitos climáticos, constatou-se uma falha de projeto, pelo fato de ter usado uma argamassa de traço pobre. A termografia possibilitou a verificação dos pontos com maior dano, o fator de degradação da fachada informou, então, o quão comprometida está a estrutura analisada.

Ainda se observa que a vida útil de projeto (VUP) definida pela norma de desempenho está longe de ser atendida, deste modo compromete a qualidade da obra e o seu enquadro nos padrões do desenvolvimento sustentável, visto o apelo econômico gerado em obras de correção. Além do mais fere o critério social, pois traz diversos desconfortos aos usuários visto grande quantidade de úmida dentro de casa, mofo de moveis, além de doenças causadas por microrganismos presentes na umidade.

Em resumo, apresenta-se uma forma mais simplificada de fazer essa análise, de modo que possa fazer as ações preventivas, evitando futuros sinistros de comprometimento de estrutura, e causando menos desconforto ao usuário da edificação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho. 4 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- Barreira, E., Freitas, S. S., Freitas, V. P., Delgado, J. M. P. Q., Sensibility Analysis of the Parameters affecting infrared thermal images for the evaluation of building pathologies. Defect and diffusion fórum vol 353 (2014) pp 23-27 online: 2014-05-21.

- Bauer, E., Aidar, L., Milhomem, P. *Análise das possíveis variações nos termogramas provocadas por alterações no ângulo de obtenção das imagens. In: congresso brasileiro de patologia das CONSTRUÇÕES (CBPAT), 2018, Campo Grande. Anais 2018, p.1-10.*
- Caixa Econômica Federal. *Minha casa minha vida. (Cartilha). Brasília, 2009.*
- Cortizo, E. C. *Avaliação da técnica de termografia infravermelha para identificação de estruturas ocultas e diagnóstico de anomalias em edificações: ênfase em edificações do patrimônio histórico, 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.*
- Cruz, A. F. R., Rosse, V. J. O., Barbosa, M. T. G., *A importância do emprego da termografia na avaliação da vida útil de fachadas. In Simposio Interinstitucional De Tecnologia Do Ambiente Construido (SINTAC), 2018, Juiz de Fora, 2018.*
- Flores-Colen, I. S., *Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva. Tese de doutorado, Universidade técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, 2009.*
- Florim, L. C., Quelhas, O. L. G. *Contribuição para a construção sustentável: Características de um projeto habitacional ecoeficiente. Revista Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.*
- Gh Brundtland, *NF Comum - Our Common Future: United Nations, 1987*
- IBGE. *Índice de Desenvolvimento Sustentável. SIDRA, acesso em 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ids/tabelas>>.*
- ISO 15686:2011, *“buildings and constructed assets- Service life planning – Part 1: General Principles. Geneva: International Organization for Standardization.*
- Sabbatini, F. H. *Patologia das argamassas de revestimento – aspectos físicos, In: Simpósio Nacional de tecnologia da construção, 3, São Paulo, Anais... São Paulo: EPUSP, p. 69-76. 1986.*
- Santos, D. G; Macêdo, M. S. P. H; Souza, J. S; Bauer, E. *Aplicação do método de mensuração da degradação (MMD) na distribuição de ocorrências de danos de um edifício em Brasília. In: Congresso Brasileiro De Patologia Das Construções (CBPAT), 2018, Campo Grande. Anais 2018, p.1-9.*
- Martins, Natalia et al. *Priorização na resolução de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: Método GU. Revista de engenharia e pesquisa aplicada, Recife, v.2, n.3, p.139-148, ago. 2017. Disponível em:*
- *< <http://revista.poli.br/index.php/rep/issue/view/issue/12/12>>, acesso em 2018.*
- Silva, C. S. C. C., Camarini, G. *Patologias e Argamassas: Um Estudo em Habitações para Estudantes No Brasil. 4th international conference on structural defects and repair: 4° cinpar, 2008 – Universidade Aveiro. Portugal. 2008*
- Silva, D. D. S., *Diagnósticos de patologias em fachadas utilizando termografia, Universidade do Porto, 2012.*
- Silva, M. N. B., *“Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada – aplicação ao caso de Brasília, Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, 2014.*

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro para execução da pesquisa. (Projeto: APQ-03068-17)



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## EFFICIENT AND SUSTAINABLE DESIGN FOR COMPACT HOUSES

Carla Matheus ([matheuscarla@hotmail.com](mailto:matheuscarla@hotmail.com)); Adriana Petito de Almeida Silva Castro ([dripasc@uol.com.br](mailto:dripasc@uol.com.br)); Lucila Chebel Labaki ([llabaki@gmail.com](mailto:llabaki@gmail.com))

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas (UNICAMP-FEC) - Brazil

Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Barbara d'Oeste-SP (UNIMEP) - Brazil

**Palabras clave:** thermal comfort, building techniques, energy efficiency, green roof, water management

*Civil construction is one of the fastest growing economies in the world, causing many damages to the environment and society, many of them related to energy consumption. Due to the intense relationship between environmental comfort and energy consumption in buildings, the environmental comfort conditions have been taking significant space in the construction industry. With global warming and the great consumption of raw materials, construction with sustainable materials and the use of passive techniques to ensure environmental comfort have been increasingly important, thus avoiding the use of artificial sources of cooling or heating in the buildings. The way the project is developed and the building techniques used can lead to great energy savings both during construction and during operation of the buildings. This work aims to propose a design model that could be used as a guideline for design, materials and techniques in the Southeast region of Brazil to obtain types of dwellings with thermal comfort, energy efficiency, efficient materials and techniques. A prototype house of 50m<sup>2</sup>, with the possibility of being expanded, was designed in the city of Atibaia, in the State of São Paulo. The design was made according to the Bioclimatic Region 3 of Brazil, not only with enough opening for natural ventilation but also with openings which allow cross ventilation, a requirement for this region. The materials and techniques were chosen based on thermal comfort; the availability in the region; easiness and time of execution; durability and strength; precedence; possibility of reusing the material; dispose (biodegradable or recyclable). An efficient water management was designed, solar panels and vegetable garden located. It was planned to be implanted in a small lot, showing the possibility to treat sewer, generate energy, produce food and follow the recommendations to obtain comfort even in small lots.*

### 1. INTRODUCTION

Humanity in its process of evolution and social organization has generated great transformations in the environment. From the moment the men began to fixate themselves, they began to look for housing.

Housing is a basic element of every human being, postulated as a human right (UN Universal Declaration of Human Rights, 1948). This right must be recognized and protected in the urban sphere, given its position as a fundamental right in the current Brazilian Constitution (Federal Constitution of 1988). Regardless of age, sex, social class or ethnicity, the realization of the right to housing must be basic to all human beings and its assurance must be related not only to their obtainment, but also to their quality, observing the health criteria for a decent housing and its cultural and social representation for the subjects that inhabit it (OKRETIC, 2013).

It is understood by decent housing the one that provides quality of life and economic and social development to the citizens. In addition, according to the World Charter for the Right to

the City (Article 14 - Right to Housing), it should represent affordable expenditures according to the residents' income, be habitable and be in a suitable place, with infrastructure and supply of services and equipment.

However, the resources of the planet are finite and, therefore, it is necessary to Project considering the impact that the construction and the use of the building will cause, after all, as John presents us; John et al (2001), civil construction is the sector of the economy that consumes the most materials worldwide. Steel, cement, lime, sand, wood, water, energy etc. all this immense demand generates degradation and pollution in the places where these resources are extracted and even in the places where the constructions are made. They also say that 50% of gross raw materials in Japan are consumed by civil construction and in the US this consumption of natural resources rises up to around 75%.

The construction sector has an impact not only on raw material consumption, but also on the amount of rubble generated. In Brazil, it is estimated that more than 50% of solid waste generated by all human activities comes from the construction sector. These environmental aspects, added to the quality of life that the built environment provides, synthesize the relationships between construction and the environment (MMA, 2017).

Also according to the Ministry of the Environment (MMA, 2017), the challenges for the construction sector are diverse, but in a nutshell, they consist of reducing and optimizing the consumption of materials and energy, reducing generated waste, preserving the natural environment and improving the quality of the built environment.

Therefore, it is recommended:

- Changing the concepts of conventional architecture in the direction of flexible projects with the possibility of re-adjustment for future use changes and meeting new needs, reducing demolitions;
- Search for solutions that enhance the rational use of energy or renewable energies;
- Ecological water management;
- Reduction of the use of materials with high environmental impact;
- Reduction of building waste with modulation of components to reduce losses and specifications that allow the reuse of materials.

Housing is one of the points cited in Agenda 2030. In September 2015 leaders of all United Nations (UN, 2015) member states formally adopted a plan of action for the eradication of poverty, protection of the planet and prosperity and peace. This plan, Agenda 2030 for Sustainable Development, contains 17 goals, and the goal of number 11 is to make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable (UN, 2015). For this it is necessary to design taking into consideration the sustainability and the comfort of the users.

According to Ferreira (2012), good technological solutions and architectural design in the scales of the building and housing unit are those committed to reducing environmental impacts and, above all, to the comfort of the user, in the correct dimensioning of the rooms and in the adoption of appropriate orientations of the buildings, that privilege the capture of the prevailing winds and the natural illumination, and the arrangements of the environments in the units, in order to attend to the different profiles and familiar compositions and social groups.

## 2. METHODOLOGICAL STRATEGY

For the beginning of the project some aspects must be considered. In order to make the process easier and smoother, a table (Table 1) was elaborated, to be filled as soon as the design process begins. As the process of the project evolves, it is important to go back to this table to check if these aspects are being taking into consideration during the process.

The second column is to be filled with information about characteristics of the lot and its surroundings. After completing it, it is possible to fill the third column, making choices about the project, building materials and technics, and how the residence will be constructed and operated.

**Table 1.** Design Organization

	Requirement	Characteristics / What is Available	Applied to the project
1	<b>Bioclimatic zone</b>	3	Check section 2.1
2	<b>Climate</b>	Tropical climate of altitude	Check section 2.1
3	<b>Predominant wind</b>	South/Southeast	Check section 2.2
4	<b>Lot</b>	6,0m x 25,0m North perpendicular	Flat lot, standard of low-income neighbourhoods in the city of
5	<b>Available materials</b>	Earth, all kids of bricks Proximity to major centres	Soil-cement brick Green roof Bamboo
6	<b>Available Technics</b>	Varied, specially masonry.	Soil-cement brick Green roof
7	<b>Available Labour Force</b>	Varied - many people from other states in the city.	Varied - many people from other states in the city.
8	<b>Residents</b>	2, 4 or 6 residents. Varied types or cultures.	Modular project.
9	<b>Water Management</b>	There is sewage collector in 60% of Atibaia. Only 50% of it is treated (SAAE, 2018).	2 kinds of water use – provided and rain water. Sewage treatment in lot – grey and black water
10	<b>Energy Management</b>	Energy provided	Natural lighting and ventilation according to the region. Solar Panels
11	<b>Waste During construction and</b>	On average more than 50% of solid waste comes from construction (MMA 2017). Only 60% of Brazilian cities send the waste to landfill, others send to controlled landfill or garbage dump) (PRSB, 2017). Atibaia has no landfill, it sends to one at 30km away. And the recycling of materials is in very precarious process.	Project to reduce waste generation during construction and operation. Separation of material to be recycled during construction and operation. Building monitoring to reduce waste. Material reduction manual handed for workers and residents. Vegetable garden.

Items 1 to 3 of the table are most considered in the section 2.1 Bioclimatic Recommendation; items 4 to 8 in the section 2.2 Design; item 9 in the section 2.3 Water Management, item 10 in the section 2.4 Energy Management and item 11 in the section 2.5 Waste. Nevertheless, all of them are interconnected and were taken into consideration when the project was designed and the techniques or materials were chosen.

### 2.1. Bioclimatic Recommendations

The residence to be analysed was designed in the city of Atibaia, Southeast of Brazil. Atibaia has, according to INMET (National Institute of Meteorology), maximum temperatures between 27°C and 29°C; minimum temperatures between 16°C and 18°C; the average temperatures between 22°C and 24°C and relative air humidity between 80% and 85%.

These data were recorded between 1961 and 1990. The INMET data are being updated, but have not yet been to the city of Atibaia.

### Identification of the Bioclimatic Zone and Recommendations

ABNT NBR 15220 establishes a Brazilian bioclimatic zoning (divided into eight zones) covering a set of recommendations and constructive strategies for single-family housing of social interest. The city of Atibaia/SP is inserted in Bioclimatic Zone 3. According to ABNT 15220-3 the recommendations for Bioclimatic Zone 3 are:

- Medium openings;
- Light reflective walls;
- Isolated light roof;
- Summer –
- Cross ventilation;
- Winter –
- Solar heating of the building;
- Heavy internal walls;
- Allow insolation of the rooms

### Verification of conformity with ABNT 15220-3

Below are the criteria established by ABNT 15220-3 and the verification of the conformities in the project.

In relation to the openings, the standard prescribes that, for Bioclimatic Zone 3, the openings must be average size, that is, they should have 15% to 25% of the floor area. In addition, cross ventilation and natural lighting are required. This was applied to all rooms.

Regarding external walls, the standard requires that they be light reflective, with thermal transmittance of  $\leq 3,6(W/m^2.K)$  and thermal delay of  $\leq 4,3\%$ .

For the internal walls, it is requested that they be heavy, with thermal transmittance of  $\leq 2,20(W/m^2.K)$  and thermal delay of  $\geq 6,5\%$ .

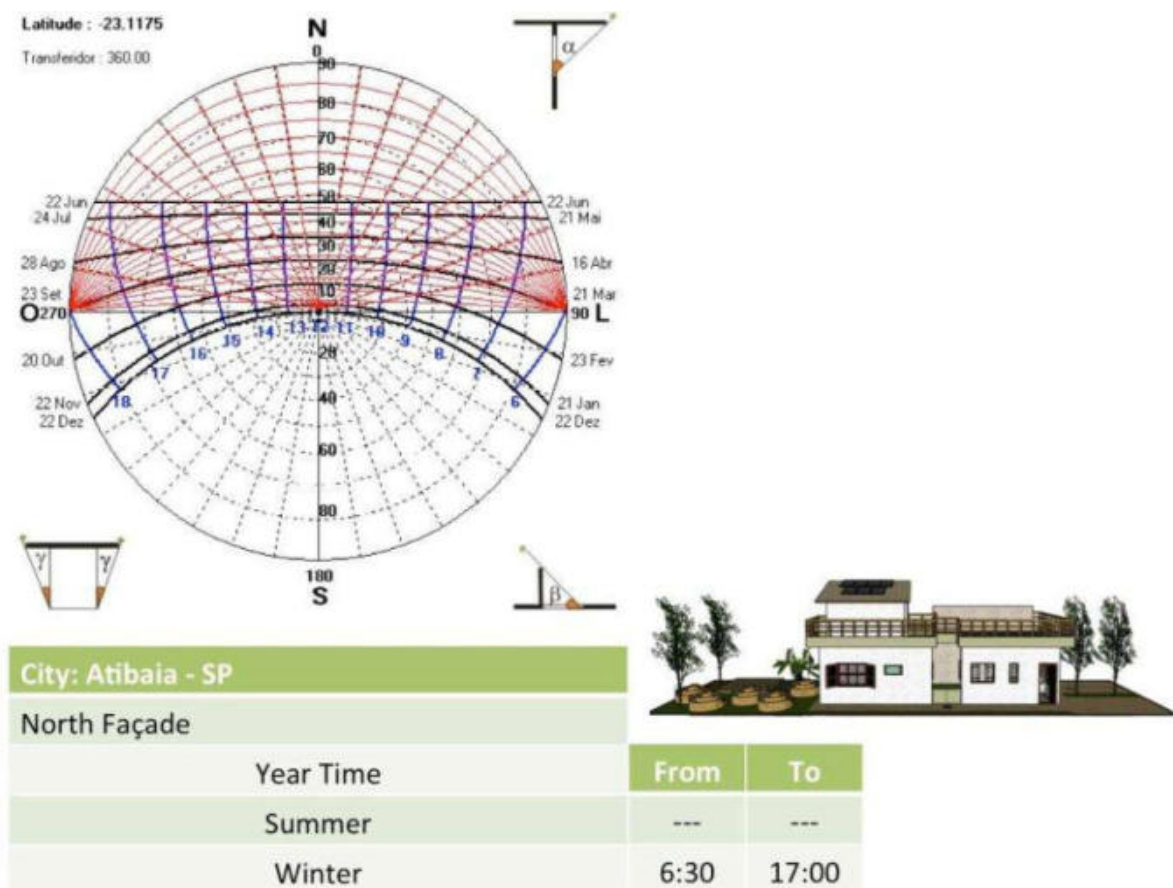
To meet these requirements, soil-cement brick walls was chosen which has a thermal transmittance of 2.0 ( $W/m^2.K$ ) and a thermal delay of 5.55% (Wilson, et al., 2010). Although it does not comply with the thermal delay requirement, it serves well the thermal transmittance for the external and internal walls, and is between to both in thermal delay and has other benefits in relation to sustainability.

Regarding the roof, the standard requires to be light isolated, with thermal transmittance  $\leq 2,0$  ( $W/m^2.K$ ) and thermal delay  $\leq 3,3\%$ . In the project, green roof was used, which has thermal transmittance of  $\leq 2,0$  ( $W/m^2.K$ ) (Anexo V, 2013) and thermal delay 2,0% (Matheus, et al., 2016) meeting this criterion.

Windows are facing the sun in all rooms, meeting the solar heating requirement of the building.

The standard also states that it must allow sunlight in the rooms. In the proposed project, all environments have winter sunshine. For this, the façade with more openings was designed facing North. The bedrooms have windows to the East and/or North. To the south there is the wall dividing the lot, with no openings (Figure 1).

By the solar analysis of the façades it is possible to notice that in the hottest months there is no direct sunshine on the North façade, but in the colder months there is sunshine all day long. The bedrooms have windows to the east façade, which receives sunshine during the whole morning both in summer and winter. The west façade, which receives the afternoon sun both in summer and winter, has the living room window, protected by trees.



Prevailing sun in the coldest months of the year.

Largest façade of the residence. No sun protection. Solar panels on the roof.

Figure 1. Solar Analyses – North Façade

## 2.2. Design

The project model was made for a lot of 150m<sup>2</sup>, with 6m front and 25m depths. This size of lot was chosen for being a standard dimension of lots in low-income neighbourhoods in Southeast, Brazil. The project was designed in order to be able to be built in modules, according to the residents' needs. The first module is approximately 50m<sup>2</sup> with one bedroom and one bathroom (Figure 2).

In front of the lot 5,0m was maintained without any construction, as well as 1,5m of one side of the lot, according to the urban legislation. In these 5,0m there is the garage.

By legislation the minimum required of permeable area is 10% of the total area of the lot. However it was left 33.56%. Some cities of Southeast require 30% of permeable area. The project would meet this requirement.







Figure 4.a.



Figure 4.b.

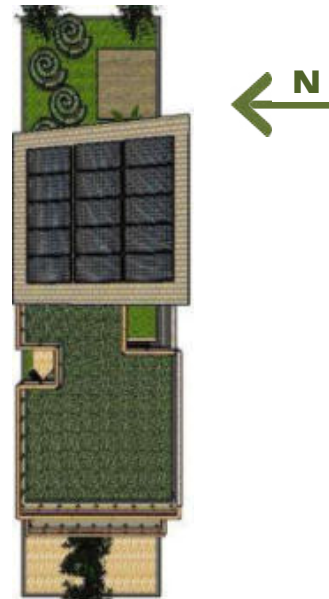


Figure 4.c.

Figure 4. Model 3 (Figure 4a – Ground level lay-out, Figure 4b First Floor Lay-Out, Figure 4c - lot).

### 2.3. Water Management

Regarding water management, the project was designed to use three types of water, with the intention of using as little water as possible from the concessionaire.

Clean water (from the concessionaire) is used for shower and faucets of the kitchen and bathrooms. Rainwater collected from the green roof is sent to the filter and to the cistern to be used in the outdoor basin and faucets for irrigation or washing the areas outdoors (Figure 5). In the green roof the rainwater collected is already previously filtered (by the drainage sheet and roots of the plants), so it can be sent directly to the filter and cistern, there is no need to be send to brick and sand filter previously.

The grey water passes through a grease trap and is sent to be treated in an anaerobic tank and later to be used to flush and for infiltration - irrigation of trees (Figure 5).

The black water, from the toilet, is sent to the evapotranspiration tank. This system was chosen because it is a clean and safe system and almost exclusively made by materials that would be discarded - old tyre and rubble (Figure 5). In addition it creates a garden for the residence.

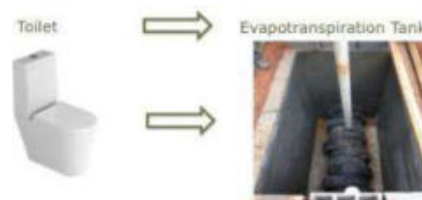


Figure 5.a.



Figure 5.b.



Figure 5.c.

Figure 5. Water Management (Figure 5a – Black water, Figure 5b Grey water, Figure 5c – rain water).

## 2.4. Energy Management

The proposed project must also be energy efficient. For this, in addition to the recommendations of ventilation and lighting openings for the region, the materials are in accordance with the recommendations for the region. The lighting was analysed according to the depth of each environment, so that there is natural light in all areas of the rooms. De acordo com Lamberts a penetração útil da luz natural pela janela é limitada a uma distancia de aproximadamente 1,5 vezes a altura da parte superior da janela (LAMBERTS, et. al 2014). According to Lamberts (2014) the useful penetration of natural light through the window is limited to a distance of approximately 1.5 times the height of the upper part of the window. This was measured and followed in all rooms. The way the openings were designed, within the comfort standards, helps to avoid the need for daytime artificial light and the use of artificial cooling and/or heating.

The project was made so that photovoltaic panels using the ongrid system, that is, connected to the energy concessionaire, supply the energy. A survey of needs was done for the three design Models.

For Model 1, with the prediction of two residents, taking into account that these people will consume 180KWh/month, the house will have an installed photovoltaic generation system and will produce an average of 2.160KWh/year with 7 panels (Figure 6). The occupied area will be of approximately 16m<sup>2</sup>. The panels are positioned in the water tank/staircase tower. The photovoltaic energy was designed to supply all the demand of the house.

If the house is extended to Model2, with the prediction of four residents, it is necessary to install four more panels. Taking into account that this family will consume on average 300KWh/month, the house will need to have an installed photovoltaic generation system to produce an average of 3.600KWh/year with 12panels (Figure 6). The occupied area will be approximately 25m<sup>2</sup>.

If it is expanded to Model 3 it will be necessary to install four more plates, 15 plates in total (Figure 6). The occupied area will be approximately 35m<sup>2</sup>.



**Figure 6.a.**



**Figure 6.b.**



**Figure 6.c.**

**Figure 6.** Perspectives (Figure 6a – Model 1, Figure 6b Model 2, Figure 6c – Model 3).

In addition, all appliances must be labelled with Procel A, the high score of the Brazilian energy efficiency labelling, seeking higher energy efficiency. LED bulbs must be used also to aid in energy efficiency, reducing consumption.

## 2.5. Waste

Modular soil-cement brick is a good choice because, among other benefits, it generates little debris when compared to other wall materials, after all it is a modular brick. Furthermore, it is not burnt in its production, generating less CO<sub>2</sub> when it is produced.

The construction site was designed not to waste material and/or work during construction. The part that will be garden must remain without pavement, on ground. Where there will be floor, the counter floor must be made as soon as possible to assist in the maintenance of clean work and also to assist in the transportation of materials during construction. At the entrance of the lot there is an area for a box for stone and for a box for sand. At the back of the lot there is the site for the construction container, and for the disposal of paper, plastic and metal. The cement bags should be stored in the container to be used in the holes of the bricks for concreting the gutters. Papers, plastics and metals should be sent for recycling. The container is rented until the house is covered, for storage of material.

Furthermore, the project was designed so that there is no waste of finishing materials. These materials were selected according to the measurements of the rooms to be used, to avoid the need to cut them and generate rubble.

For the use of the residence it was designed a place for storage of recyclable garbage. It is closed and easily accessible to both the outside and the kitchen and also easy to access to be collected. It is divided with the location of the cooking gas canister (Figure 7). A garden site was also designed so residents have easy access to better quality vegetables. In addition, it avoids food waste during transportation and storage, thus contributing to decrease the amount of waste sent to landfills.





**Figure 7.** Lot Section.

Throughout the construction the monitoring must be done to avoid waste of materials. Also, a booklet should be delivered both to the builders and to the residents, to encourage the reduction of consumption, as well as to help them make the correct separation of recyclable materials.

### 3. CONCLUSION

For the development of the project, seven criteria were taken into account: climate, location, water, energy, materials, waste and users.

Each of these items influenced the execution of the project, and the composition of all was what generated the final creation of the project.

With these recommendations, it is intended to emphasize the importance of the project phase, in which all the requirements presented should be considered. For the building to meet specifications, it is imperative that the project be well executed.

It was designed to be built in a small lot, showing the possibility to treat sewer, generate energy, produce food and follow the recommendations to obtain comfort even in small lots.

In addition, it is important to emphasize the importance of a planned and organized building site and use of the building in order to minimize waste and contribute to the environment.

More than an ideal, finalized project, it was sought to obtain a form of organization of project and residence use that can be replicated in other regions of Brazil, with different climates and cultures.

### 4. BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Anexo V (2013). Anexo da Portaria do INMETRO no 50/2013. *Catalogo de Propriedades Térmicas de*
- *Paredes, Coberturas e Vidros.*
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003). *NBR 15220. Desempenho Térmico de Edificações.*
- Ferreira, J. S. W. (2012) *Produzir casas ou construir cidades? Desafios para um novo Brasil urbano.* São Paulo: FUPAM.



- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2018). <http://www.inmet.gov.br/portal/>
- John, V., et al. (2001) *Durabilidade e Sustentabilidade: Desafios para a Construção Civil Brasileira*. São Paulo/Suécia: USP/ University of Gävle.
- Lamberts, R., et al. (2014) *Eficiência Energética na Arquitetura*. (3ª edição). Editora: ELETROBRAS/PROCEL.
- Matheus, et al. (2016). *Desempenho térmico de envoltórias vegetada 71 sem edificações no sudeste brasileiro*. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v. 16, n. 1, p. 71-81, jan./mar.
- MMA (2017) - <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis>.
- PRSB – Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2017). ABRELP. SAAE (2018) – <http://www.saaeatibaia.com.br/Pagina.php?id=32>
- Okretic, G. A. V W. (2013) *As ações de mitigação do risco vistas de perto: transferência dos atingidos por enchentes no Ribeirão Piçarrão para conjuntos habitacionais em Campinas-SP*. Dissertação de mestrado. PUC-Campinas.
- Ribeiro, W. C. (2008) *Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. Parcerias Estratégicas, Brasília*, n.27.
- Wilson, et al. (2010). *Análise Termofísica e Mecânica de Tijolos de Solo-cimento Confeccionados com a Adição de Resíduos Agroindustriais*. ENTAC. Canela – RS.

# ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM O SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

Marcos Vinícius Gonçalves (marcosengrs@gmail.com); Fabiana Pires Rosa (fabianaros@unisinis.br); Andrea Parisi Kern (apkern@unisinis.br)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Escola Politécnica (UNISINOS) - Brazil

**Palavras chave:** planejamento e controle da produção, controle de qualidade, integração

*O Planejamento e Controle da Produção (PCP) e o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) são medidas usadas por construtoras de pequeno, médio e grande porte, que buscam aumentar o lucro, diminuindo o retrabalho. Porém o uso incorreto das ferramentas provenientes desses sistemas é um problema recorrente, apresentando retrabalho em atividades que possuem controle de qualidade e execução. Neste trabalho é apresentado um estudo de caso aplicado em uma construtora de médio padrão, localizada no Vale do Rio dos Sinos. Tal estudo teve como objetivo analisar a integração do PCP com o SGQ vigente em uma empresa. Os ganhos com esta pesquisa foram relevantes para a empresa, pois essa integração pretende aumentar a efetividade do controle de qualidade sobre a produção, visando a diminuição dos custos e aumento da produtividade. Para concretizar essa proposta foram analisados os dados coletados nos controles de qualidade existentes exigidos pelo SiAC do PBQP-H e ISO 9001, integrando-se com a metodologia de gerenciamento por Construção Enxuta, dessa maneira o autor propõe melhorias tanto no controle de qualidade e produção existente como no planejamento da obra. No estudo de caso realizado, percebeu-se que apesar de existirem sistemas de PCP e SGQ na empresa em que o estudo foi realizado, esses sistemas funcionam de forma totalmente independente, apresentando problemas de uso e integração. Foi possível identificar que não há critério sobre o momento para ocorrer as verificações de qualidade das atividades, acarretando em atividades encerradas no Planejamento de Curto Prazo (PPC), mas que em muitos casos seguem em aberto gerando retrabalho e conseqüentemente a necessidade de alocação de mão de obra para correção destes eventos.*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil no atual cenário econômico brasileiro encontra-se em crise, conforme Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi o setor que mais demitiu funcionários em 2017. As construtoras que continuam em atividade encontram um cenário competitivo, buscam ferramentas que ajudem a impulsionar sua produtividade e reduzir o custo de produção tendo como premissa a qualidade e satisfação do cliente final.

De acordo com Bernardes e Formoso (2002) o setor da construção civil, comparado a outros setores industriais, apresenta grande atraso na forma de produção, notáveis índices de desperdício, redução da produtividade e problemas de qualidade em decorrência da ausência de gestão da qualidade da empresa construtora. Para Mattos (2010) o planejamento também tem papel fundamental no decorrer da obra, sendo responsável pela gestão de recursos, estabelecendo prazos e priorizando as atividades principais a serem realizadas dentro do canteiro de obras. A deficiência no planejamento pode resultar em conseqüências desastrosas para obra, elevando o custo do empreendimento e ultrapassando o prazo determinado de entrega para o cliente final.

A melhoria da gestão da produção depende fortemente do processo de planejamento e controle da produção, que envolve a elaboração de planos de trabalho, assim como a coleta

e o processamento de dados para a análise dos mesmos e a tomada de decisões referente à produção e a qualidade do produto final. (FORMOSO, 2001). Ao mesmo tempo, a perspectiva moderna da gestão da qualidade deixa de ter uma visão corretiva e passa a tomar medidas preventivas através de controles nas etapas de execução do produto. (PICCHI, 1993).

No Brasil destaca-se como medida de qualidade o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), instituído pelo governo brasileiro em 18 de dezembro de 1998 e gerenciado pelo Ministério das Cidades, tem como objetivo o aperfeiçoamento da qualidade do habitat e modernização da cadeia produtiva. (BRASIL, 2018). Outra medida que favorece a qualidade dentro das empresas é a ABNT NBR ISO 9001, para Mello (2009) essa normatização busca a melhoria contínua de processos, produtos e sistemas por meio da padronização e interação entre os setores envolvidos.

Com base em princípios da qualidade e de planejamento Koskela (1992; apud SUKSTER, 2005), pode-se dizer que o sucesso de um empreendimento depende, entre outros fatores, do seu Planejamento e Controle da Produção (PCP) e do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ). Sob esse contexto o autor propõe-se a analisar a integração do Planejamento e Controle da Produção (PCP) e do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) em uma construtora de médio padrão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a integração entre o Sistema de Planejamento e Controle da Produção com o Sistema de Gestão da Qualidade em uma empresa construtora de padrão médio localizada na região do Vale do Rio dos Sinos.

### **2.1. Objetivos Específicos**

O presente estudo tem como objetivos específicos os seguintes itens:

- a. avaliar e propor melhorias no sistema de planejamento vigente;
- b. identificar as principais causas da falta de integração entre o sistema de qualidade existente e planejamento de obra;
- c. analisar o processo do sistema de qualidade vigente e propor melhorias.

## **3. METODOLOGIA**

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é denominada como estudo de caso. Yin (2005) esclarece que essa metodologia realiza um estudo empírico sobre um objeto de estudo, elaborando questionamentos que são respondidos através de pesquisas históricas, bem como observação direta de acontecimentos e entrevistas com as pessoas envolvidas neles.

De acordo com Yin (2005) a coleta de dados é baseada em evidências que podem vir de seis fontes diferentes: documentos, registro em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Dessa forma este trabalho se baseou nas evidências documentais oriundas do controle de PCP e SGQ fornecidas pela empresa para formar seu banco de dados, a partir de indicadores, planilhas de verificação de qualidade e planejamento de curto prazo.

A análise dos dados foi feita baseando-se nos seguintes formulários e documentos técnicos disponibilizados pelo SGQ da empresa:

- a. RE.EXO.059 (Planilha de Recebimento de Serviços Internos);
- b. RE.EXO.016 (Planilha de Recebimento de Serviços de Acabamento);

- c. RE.EXO.021 (Planilha de Recebimento de Gesso);
- d. gráfico de NCS – indicadores de não conformidade por serviço;
- e. gráfico de NCEI – indicadores de não conformidade na entrega do imóvel para o cliente;
- f. planejamento de curto prazo semanal.

Segundo o Plano de Qualidade da Obra (PQO), essas planilhas de recebimento de serviços abrangem as seguintes normas técnicas: ABNT NBR 13753, ABNT NBR 15575-3, ABNT NBR 13867, ABNT NBR 13207, ABNT NBR 13245, ABNT NBR 15575-4.

De posse destes documentos foi analisado quais as torres que apresentaram maior número de atividades com Não Conformidade (NC) por unidade, posteriormente se identificou através do percentual de Não Conformidade na Entrega do Imóvel (NCEI) e índice de Não Conformidade por Serviço (NCS) quais os serviços que tiveram maior quantidade de NC e a data correspondente a verificação da qualidade. Dessa forma, o seguinte trabalho propõe-se a analisar a integração desses serviços com o PCP nos blocos I e J, pois foram os blocos que um dos autores realizou o planejamento de curto prazo durante a execução e também, foram os blocos que apresentaram maior percentual de NC.

A figura 1 a seguir, representa o fluxograma de como a pesquisa foi realizada.

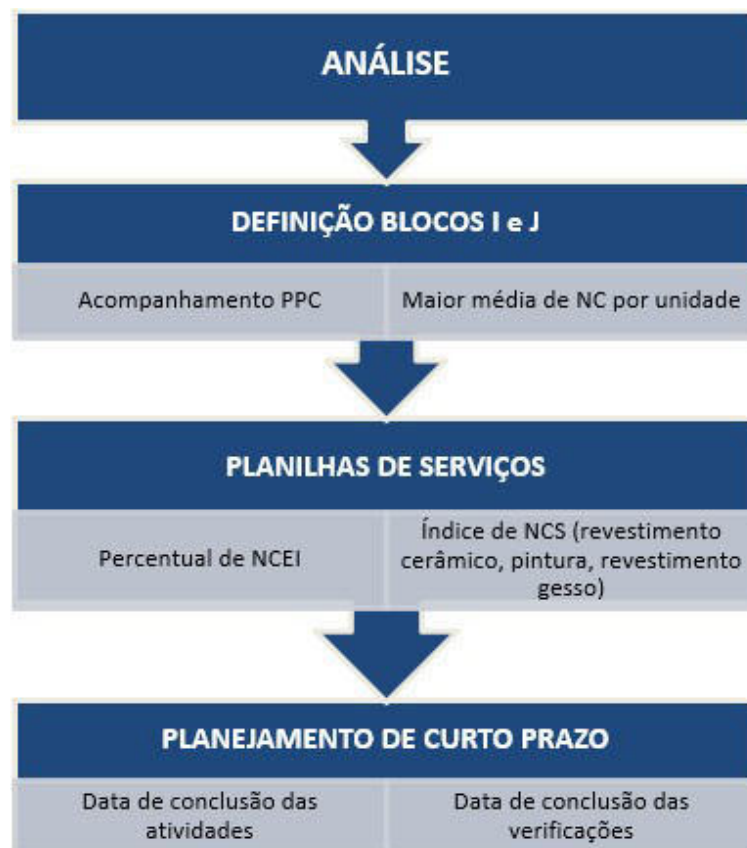


Figura 1. Fluxograma de pesquisa

A metodologia da pesquisa foi composta pelas seguintes etapas (figura 2): revisão bibliográfica, análise dos documentos do Sistema de Gestão da Qualidade, acompanhamento do planejamento e controle da produção, descrição e análise dos sistemas, análise dos indicadores NCS e NCEI, análise dos resultados e conclusões.

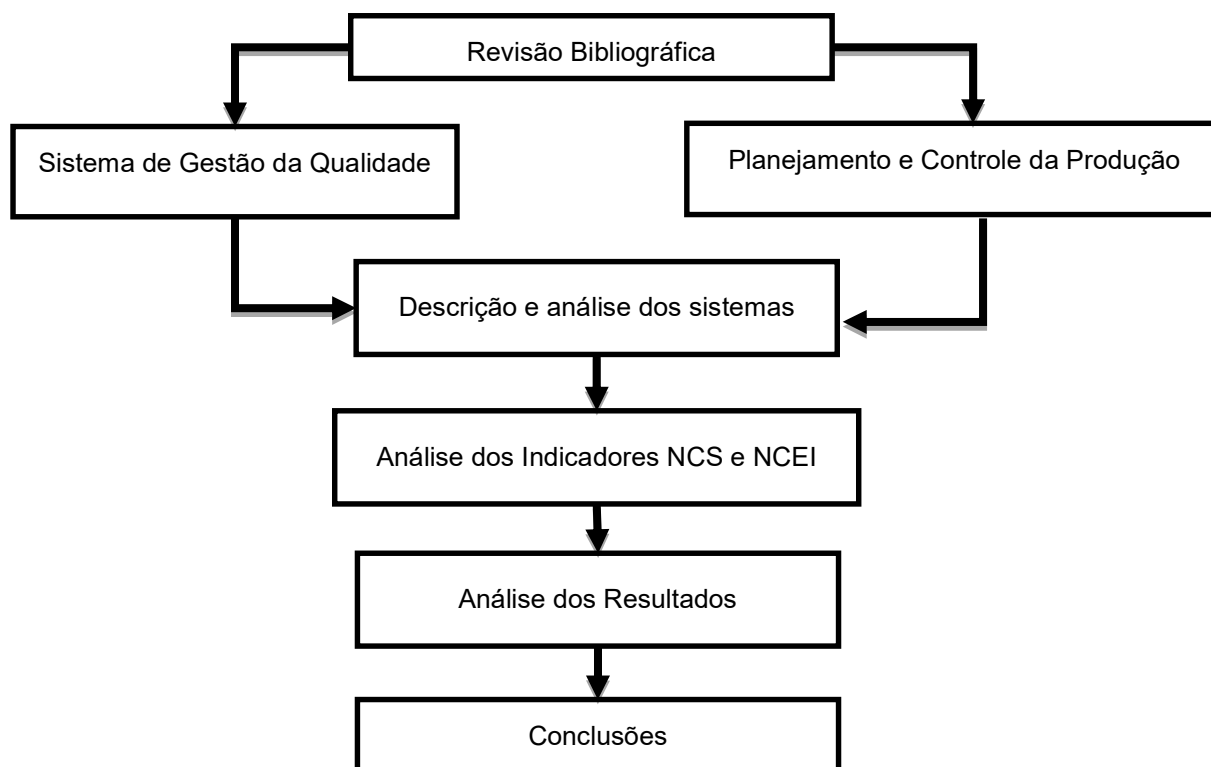


Figura 2. Etapas da pesquisa

### 3.1. Objeto de Estudo

O objeto de estudo desta pesquisa é um condomínio residencial de padrão médio, situado na cidade de Canoas, RS. Este empreendimento é constituído de 12 torres com 05 pavimentos, cada apartamento possui área de 47,94 m<sup>2</sup> e dois dormitórios, constituindo um total de 260 apartamentos.

A obra teve início no dia 08 de outubro de 2014 e foi concluída em 15 de março de 2018, sua execução foi realizada em cinco fases.

Este estudo de caso teve enfoque nas torres F, H, I e J, pelo fato de um dos autores ter iniciado suas atividades na empresa durante a 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> fase do empreendimento, conforme figura 3.

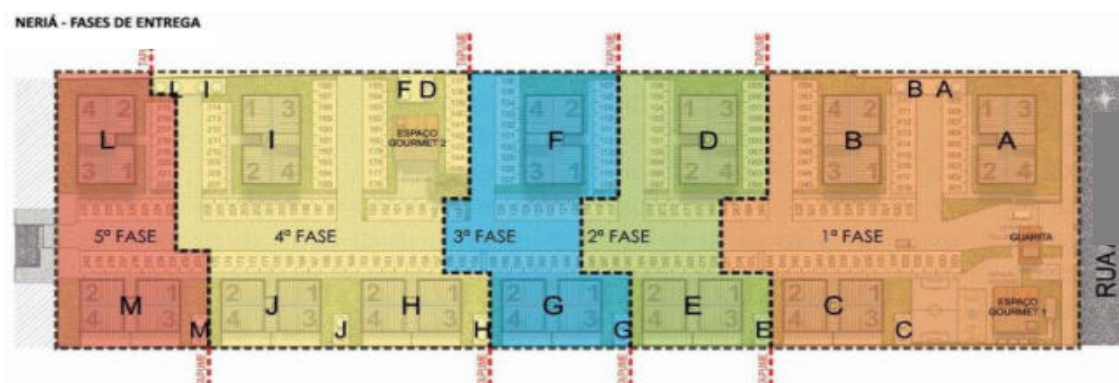


Figura 3. Fases de entrega



#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse das informações necessárias, foi gerado um banco de dados referente aos serviços de pintura interna, revestimento de gesso, azulejo e piso cerâmico dos Blocos I e J. A partir deste banco foi possível elaborar tabelas com o objetivo de demonstrar o espaço de tempo que decorre a partir do dia de conclusão da atividade no planejamento de curto prazo, até sua verificação de qualidade e posterior correção.

As tabelas pertinentes são apresentadas de forma organizada por serviço realizado e bloco em que aconteceu a atividade. Foram apontados as seguintes colunas: o pavimento realizado; a semana considerada; as datas em que as atividades no PPC foram dadas como concluídas (conclusão do PPC); a data de verificação dos serviços (verificação); a data de correção das atividades que apresentaram não conformidades (Correção NC); e o total de dias transcorridos apresentado a diferença entre a data de verificação e a data de conclusão no PPC e a diferença entre a data de correção e a data de conclusão no PPC.

Ao analisar a tabela 1, referente ao serviço de revestimento de gesso no bloco I e J, constatam-se datas distantes da conclusão do serviço no plano de curto prazo até sua verificação, enquanto a correção da não conformidade comparada com a data de realização da vistoria apresentou pequenos intervalos de tempo.

Os maiores períodos de tempo transcorrido desde a conclusão da atividade no plano de curto prazo até sua verificação e correção estão demonstrados na tabela 1. Percebe-se que no segundo pavimento relacionado a semana 138 do bloco I e 125 do bloco J, a verificação ocorreu depois de aproximadamente dois meses da conclusão do serviço no planejamento de curto prazo. A semana 127 foi a única que coincidiu a conclusão da atividade no PPC com a verificação da qualidade.

Tabela 1. Espaço de tempo e Total de dias transcorridos - Revestimento de gesso

<b>REVESTIMENTO DE GESSO BLOCO I</b>						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Segundo	138	24/04/2017	30/06/2017	03/07/2017	67	70
Terceiro	141	18/05/2017	13/06/2017	03/07/2017	26	46
Quarto	146	20/06/2017	05/07/2017	17/07/2017	15	27
Quinto	147	30/06/2017	10/07/2017	17/07/2017	10	17
<b>REVESTIMENTO DE GESSO BLOCO J</b>						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Segundo	125	24/01/2017	03/04/2017	05/04/2017	69	71
Terceiro	127	07/04/2017	07/04/2017	10/04/2017	0	3
Quarto	129	24/02/2017	13/04/2017	17/04/2017	48	52
Quinto	132	17/03/2017	20/04/2017	24/04/2017	34	38

A tabela 2 apresentam o espaço de tempo pertencente ao serviço de piso cerâmico dos blocos I e J, a partir deles é possível constatar que no bloco I a verificação de qualidade foi realizada praticamente de forma simultânea ao encerramento da atividade no PPC, enquanto que no bloco J houve na semana 130 e 133 um período de aproximadamente dois meses da conclusão no PPC para a verificação do serviço. Nota-se que a verificação de três andares ocorreu de forma conjunta no dia 13 de abril de 2017, é perceptível que o avaliador esperou a conclusão de outros andares para posteriormente executar as verificações ao mesmo tempo.

Pode-se observa na tabela 2 que o total de dias transcorridos tanto para ocorrência da verificação a partir da conclusão da atividade no PPC, quanto a correção da não conformidade encontrada. O valor negativo -2, correspondente a semana 149 do bloco I, significa que a verificação ocorreu antes da conclusão da atividade no planejamento de curto prazo.

Tabela 2. Espaço de tempo e Total de dias transcorridos - Piso cerâmico

<b>PISO CERÂMICO BLOCO I</b>						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Térreo	149	14/07/2017	12/07/2017	22/09/2017	-2	70
Segundo	135	04/07/2017	05/07/2017	11/09/2017	1	69
Terceiro	135	04/07/2017	05/07/2017	11/09/2017	1	69
Quarto	135	04/07/2017	10/07/2017	11/09/2017	6	69
Quinto	135	04/07/2017	10/07/2017	11/09/2017	6	69
<b>PISO CERÂMICO BLOCO J</b>						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Térreo	130	03/03/2017	11/05/2017	24/05/2017	69	82
Segundo	130	03/03/2017	13/04/2017	11/05/2017	41	69
Terceiro	133	24/03/2017	13/04/2017	11/05/2017	20	48
Quarto	133	24/03/2017	13/04/2017	11/05/2017	20	48
Quinto	133	24/03/2017	22/05/2017	24/05/2017	59	61

O espaço de tempo do serviço de azulejo é demonstrado a seguir na tabela 3. Ao realizar a análise dessa tabela, percebe-se que o serviço no bloco J foi concluído em quatro andares na mesma semana, provavelmente devido ao término da execução de rejunte, enquanto que no bloco I cada andar foi encerrado no plano de curto prazo em semanas diferentes.

O pavimento térreo dos dois blocos foi o que apresentou maior tempo transcorrido, desde o encerramento da atividade no PPC até sua verificação, a tabela 3 a seguir demonstra o tempo total de 100 dias para a verificação no bloco I e 91 no bloco J.

Tabela 3. Espaço de tempo e Total de dias transcorridos - Azulejo

AZULEJO BLOCO I						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Térreo	135	03/04/2017	12/07/2017	22/09/2017	100	172
Segundo	135	05/04/2017	05/06/2017	11/09/2017	61	159
Terceiro	140	12/05/2017	05/06/2017	11/09/2017	24	122
Quarto	144	05/06/2017	05/07/2017	11/09/2017	30	98
Quinto	145	13/06/2017	05/07/2017	11/09/2017	22	90
AZULEJO BLOCO J						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Térreo	127	09/02/2017	11/05/2017	24/05/2017	91	104
Segundo	127	09/02/2017	13/04/2017	11/05/2017	63	91
Terceiro	127	09/02/2017	13/04/2017	11/05/2017	63	91
Quarto	127	10/02/2017	13/04/2017	11/05/2017	62	90
Quinto	129	22/02/2017	11/05/2017	24/05/2017	78	91

O espaço de tempo do serviço de pintura é apresentado na tabela 4 a seguir. Com base nessa tabela é viável perceber que no bloco I a verificação aconteceu em curto espaço de tempo, enquanto que no bloco J apesar do observador ser o mesmo, ele não verificou em curto espaço de tempo. É perceptível que o observador esperou a finalização do terceiro, quarto e quinto pavimento para depois iniciar suas verificações.

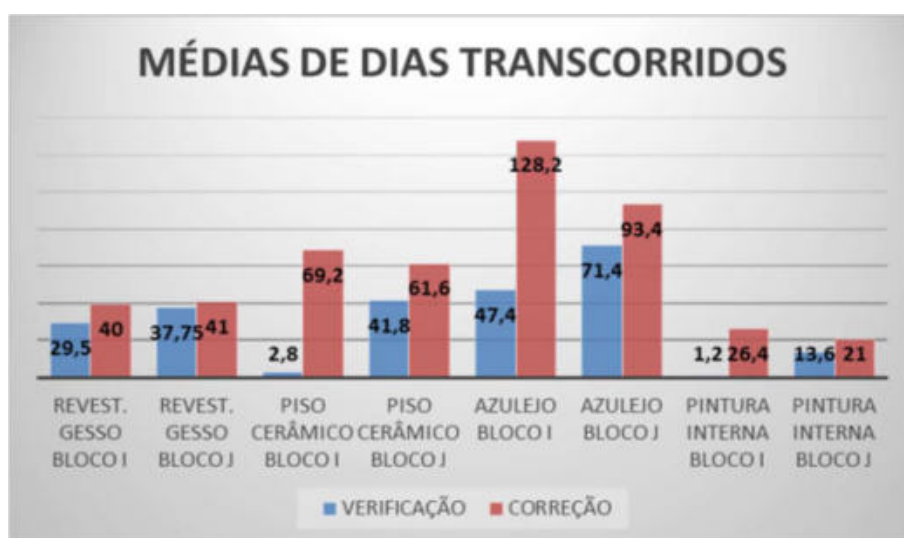
Nessa tabela (tabela 4) é demonstrado que ocorreu um período máximo de 21 dias na semana 149 para acontecer a verificação desde a conclusão da atividade no PPC, e período mínimo de 4 dias na semana 151. Mais uma vez comprovando que possivelmente o observador não segue um critério de quando é o momento exato para executar sua verificação.

Tabela 4. Espaço de tempo e Total de dias transcorridos - Pintura interna

PINTURA INTERNA BLOCO I						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	
		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Térreo	158	13/09/2017	11/09/2017	02/10/2017	-2	19
Segundo	156	28/08/2017	01/09/2017	02/10/2017	4	35
Terceiro	156	30/08/2017	01/09/2017	02/10/2017	2	33
Quarto	157	06/09/2017	06/09/2017	02/10/2017	0	26
Quinto	158	13/09/2017	06/09/2017	02/10/2017	-7	19
PINTURA INTERNA BLOCO J						
Pavimento	Semana	Datas			Total de dias transcorridos	

		Conclusão PPC	Verificação	Correção NC	Diferença verificação e PPC	Diferença Correção e PPC
Térreo	147	30/06/2017	20/07/2017	04/08/2017	20	35
Segundo	148	07/07/2017	17/07/2017	04/08/2017	10	28
Terceiro	149	14/07/2017	04/08/2017	04/08/2017	21	21
Quarto	150	21/07/2017	03/08/2017	04/08/2017	13	14
Quinto	151	28/07/2017	01/08/2017	04/08/2017	4	7

A partir da figura 4 é possível verificar a média total dos dias transcorridos para cada serviço analisado anteriormente, este gráfico foi elaborado a partir das tabelas 1, 2, 3 e 4, em que a cor azul simboliza a média total de dias transcorridos para ocorrer a verificação de qualidade, a começar da data de finalização da atividade no PPC, enquanto a cor bordô simboliza o total de dias transcorridos para ocorrer a correção das não conformidades apontadas na verificação, a partir da data de conclusão da atividade no PPC.



**Figura 4.** Média de dias transcorridos entre as datas de verificação e a conclusão, e a correção e a data de conclusão para cada bloco e serviço analisado.

Ao analisar esta figura (figura 4), é perceptível que apenas as atividades de piso cerâmico e pintura interna, as duas relacionadas ao bloco I, apresentaram pequenas médias de intervalos de tempo para serem verificadas, à medida que a atividade de azulejo no bloco J demorou aproximadamente 2 meses e 11 dias para ser verificada e 4 meses para ser corrigida, como também a mesma atividade no bloco I foi verificada em aproximadamente 1 mês e 17 dias. A partir do gráfico 1, realizando uma média dos dados obtidos, pode-se concluir que as verificações ocorreram 30,68 dias após a atividade data como concluída, e 60,10 dias para sua correção, quando ainda apresentavam problemas, após a atividade estar considerada concluída, demorando, portanto, 29,42 dias para ser corrigida.

De modo geral é visível que 6 serviços considerados concluídos, dos 8 analisados, apresentaram grande espaço e oscilação no tempo médio para acontecer a verificação.

As correções das não conformidades identificadas também mostraram grandes espaços e oscilações no tempo médio para ocorrer, demonstrando que possivelmente algumas atividades encerradas no PPC seguem em aberto com retrabalho e necessidade de alocação de mão de obra para correção.

## 5. CONCLUSÕES

No estudo de caso realizado, percebeu-se que apesar de existirem sistemas de PCP e SGQ na empresa em que o estudo foi realizado, esses sistemas funcionam de forma totalmente independente, apresentando problemas de uso e integração. Para o estudo de caso realizado observou-se em média que as verificações ocorreram 30,68 dias após a atividade ser considerada concluída e levando em conta as correções tem-se em média 60,10 dias para sua conclusão.

A análise do planejamento e controle de qualidade vigente identificou prováveis falhas no uso desses dois sistemas, destacando-se:

- a. inexistência de integração entre PCP e SGQ;
- b. desconhecimento do momento em que deve ocorrer a verificação de qualidade do serviço pelo profissional responsável;
- c. elevado período de tempo para ocorrer a verificação de qualidade, após a conclusão da atividade no plano de curto prazo;
- d. planejamento de curto prazo elaborado sem análise de restrições e resultados do PPC;
- e. ausência de reuniões de planejamento mensal para analisar o plano de médio e longo prazo;
- f. inexistência de tempo mínimo para correção de não conformidades identificadas;
- g. comunicação precária entre os funcionários responsáveis pela gestão da obra;
- h. falta de reuniões de planejamento semanal com encarregados da mão de obra terceirizada;
- i. atividades de retrabalho não são registradas e incluídas no planejamento de curto prazo;
- j. falta de terminalidade das atividades no plano de curto prazo, devido ao retrabalho.

A provável melhoria na integração entre os sistemas de PCP e SGQ inicia-se através da conscientização da equipe de obra, pois são os responsáveis pelo controle do canteiro.

A ocorrência de reuniões tanto de planejamento semanal, quanto de planejamento mensal, deve acontecer de forma assídua, pois nelas são analisadas as restrições, recursos e difundida informações para as pessoas que fazem a gestão do canteiro. Desse modo, visando a maior eficácia, controle de qualidade e participação de todos no processo de PCP.

Entende-se que uma possível melhoria sem custo de implantação pode ser realizada através da orientação ao responsável pelo plano de curto prazo, ele deve comunicar ao verificador o início e término das atividades planejadas, com isto evita o desconhecimento das atividades que estão ocorrendo no canteiro. Da mesma forma, o monitoramento da verificação pode ser incluído no plano de curto prazo, estabelecendo os prazos para ocorrer a verificação e identificando os serviços com verificação pendente ou concluída.

A planilha de verificação online vinculada ao planejamento de curto prazo é outra sugestão para melhorar a integração entre o sistema de PCP e SGQ. Com esta planilha online é possível vincular o PPC diretamente ao SGQ, dessa forma quando uma atividade for incluída no planejamento de curto prazo, automaticamente o responsável pela qualidade recebe uma notificação apontando qual verificação está pendente, dispensando o uso de planilhas físicas o que protege e facilita a análise de dados.

Deve-se estabelecer prazo máximo para correção das não conformidades identificadas na verificação, caso contrário, pagar aos empreiteiros parcialmente ou não efetuar pagamento às atividades que apresentarem NC sem correção. Ao agregar valor ao serviço pendente, é possível que o colaborador assuma maior responsabilidade para sua conclusão. Para haver controle das correções, estas devem ser incluídas no planejamento de curto prazo.



Conclui-se com esta pesquisa que, para real efetividade tanto do SGQ, como do PCP, estes devem estar integrados. A melhoria nessa associação reflete na forma como é realizado o planejamento, como também na utilização das ferramentas do SGQ. A partir disso, é possível diminuir o retrabalho, aumentar o controle de qualidade e confiança no planejamento das atividades que ocorrem em obra.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernardes M. M.; Formoso C. T. (2002). *Diretrizes para avaliação de sistemas de planejamento e controle da produção de micro e pequenas empresas de construção*. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002, Foz do Iguaçu: Anais... Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.*
- Brasil. Ministério das Cidades. (2018). *Programa brasileiro de qualidade e produtividade no habitat*. Disponível em <[http://www.pbqp-h.cidades.gov.br/pbqp\\_apresentacao.php](http://www.pbqp-h.cidades.gov.br/pbqp_apresentacao.php)>.
- Formoso, Carlos Torres. (2001). *Planejamento e controle da produção em empresas da construção*. Disponível em <[http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas\\_arquivos/Módulo%20VII%20Produção/ApostilaPCPComp.pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/Disciplinas_arquivos/Módulo%20VII%20Produção/ApostilaPCPComp.pdf)>.
- IBGE. (2017). *Desemprego na construção civil em 2017*. Disponível em <<http://www.agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/19950-indice-nacional-da-construcao-civil-varia-0-27-em-janeiro.html>>.
- Mattos, A. D. (2010). *Planejamento e controle de obras*. São Paulo: PINI.
- Mello, Carlos Henrique Pereira. (2009). *ISO 9001:2008, Sistema de gestão da qualidade para operações de produção e serviços*. São Paulo: Atlas.
- Picchi, F.A. (1993). *Sistemas de qualidade: Uso em empresas de construção*. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da USP. São Paulo, Brasil.
- Sukster, R. (2005). *A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, Brasil.
- Yin, R. (2005). *Estudo de caso: Planejamento e métodos*. Porto Alegre: Bookman.

# CONSTRUÇÃO COLETIVA DO CONHECIMENTO EMPÍRICO: PRÁTICAS DE BIOCONSTRUÇÃO NO ASSENTAMENTO PEQUENO WILLIAM

Gustavina Alves da Silva ([gustabio2017@gmail.com](mailto:gustabio2017@gmail.com)); Liza Maria Souza de Andrade ([lizamsa@gmail.com](mailto:lizamsa@gmail.com)); Camila Maia ([camilamaiadias@gmail.com](mailto:camilamaiadias@gmail.com))

Instituto Federal de Brasília, Planaltina (IFB), Agroecologia - Brazil

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB-FAU) - Brazil

**Palavras chave:** Bioconstrução, Assentamento Pequeno William, Moradia, Tecnologia Social, Reforma Agrária.

*As construções convencionais, geram toneladas de resíduos sólidos, além do alto valor de investimento com materiais e mão de obra. A bioconstrução difere de outras práticas ao priorizar materiais que tragam benefícios ao seu morador, como conforto e bem-estar e também ao meio ambiente, tais como menor consumo de energia acumulada, menor consumo de água utilizada para a sua produção e tipos de ferramentas utilizadas em seu manejo. Para os moradores do Assentamento Rural Pequeno William, o saber em bioconstrução veio por meio do resgate de técnicas tradicionais muitas vezes aprendidas em família, nos lugares de onde vieram anteriores antes da chegada da construção civil industrializada. Neste contexto, este artigo tem como objetivo demonstrar as experiências em construções com uso de terra (bioconstrução), vivenciadas pelos moradores do assentamento, além das vantagens e desvantagens das técnicas adotadas. A pesquisa foi realizada através de um levantamento participativo das experiências, objetivando identificar os seguintes aspectos: técnicas aplicadas, materiais utilizados, custo de cada técnica, desempenho térmico, impactos ao meio ambiente e motivos que levaram cada morador a optar pela técnica escolhida. Observou-se que existe muita aceitação das técnicas de bioconstrução na comunidade, mas que apesar de ser de baixo custo, muitas famílias não são capazes de executar a construção de suas moradias nesses moldes. Acredita-se que é necessária mais e melhor oferta de assistência técnica para execução mais qualificada das biotécnicas nas moradias. Isso seria fundamental para difundir a imagem da bioconstrução como uma técnica segura, de bom desempenho e de baixo custo.*

## 1. INTRODUÇÃO

A bioconstrução difere da construção convencional, ao priorizar a sustentabilidade durante a produção da construção, por meio do menor consumo de energia acumulada, menor consumo de água utilizada para a sua produção e tipos de ferramentas utilizadas em seu manejo. As técnicas de bioconstrução são vistas como tecnologias sociais, ou seja 'técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com uma coletividade e que representem efetivas soluções de transformação social' (BAUMGARTEN, 2006). O uso da tecnologia social em situações de escassez de recursos, busca soluções criadas pela comunidade local, com insumos locais, por isso tão bem adaptadas à realidade dessa população.

Para os moradores do Assentamento Pequeno William, o saber em bioconstrução veio por meio do resgate de técnicas tradicionais muitas vezes adquiridas em família. Segundo Prompt & Borella (2010), 'a bioconstrução visa resgatar as tradições construtivas locais anteriores à industrialização massiva'.

O resgate dos saberes de bioconstrução pelos camponeses, deu-se de maneira diversa, estando sempre em conflito com a oferta da construção convencional, que por vezes é vendida como algo de melhor qualidade e de execução mais rápida. Em alguns casos a busca pela bioconstrução foi uma opção posterior a procesos de valorização dos saberes tradicionais e busca de conhecimento a respeito da sustentabilidade, não sendo a principio a questão económica determinante.

Como sintetiza o economista Paul Ekins (The Green Apocalypse, 1997), é necessário ter pessoas que possam nos mostrar caminhos, que possam criar experimentos e projetos pilotos em certos momentos de pequeno porte e, em outros, de maior porte. Tais projetos e experimentos nos dão confiança para continuar seguindo em frente diante de um cenário de escassez de recursos naturais. Unindo o olhar visionário com o pragmatismo.

O Assentamento Pequeno William em Planaltina DF, foi criado pela Portaria /INCRA/SR - 28/GAB/Nº136, de 26 de dezembro de 2011, publicado no DOU nº 251, de 30 de dezembro de 2011 e no BS nº 1 de 02 de janeiro de 2012, (DOU, 30.12.2011). Espacialmente dividido em 22 parcelas e cinco núcleos de famílias em uma área de 143 hectares localizada às margens da DF-128, Km24.

As famílias, hoje assentadas, têm enfrentado diversos problemas de saúde, acidentes e muito desconforto ao longo dos sete anos de assentamento, a contar do tempo de acampamento, que antecede a fixação das famílias em suas parcelas. Durante o período chuvoso ocorre o agravamento dessas condições, as tempestades e vendavais provocam destelhamentos e inundações. 'A combinação destes fatores é preocupante por ser indicativa de uma realidade ainda mais sombria a vida precária dessas famílias antes de estarem nos assentamentos' (BRASIL/MDA, 2005).

Diante da urgência em solucionar tais situações de desconforto, os moradores do assentamento buscaram alternativas de construção para suas residências, de forma a lhes proporcionar uma habitação confortável, digna e econômica. Inicialmente, algumas famílias promoveram a construção de suas casas a partir de materiais disponíveis na natureza como terra, bambu e madeira, ou ainda com materiais recicláveis e resíduos de outras construções de origem urbana.

A oferta dos programas habitacionais, com destaque para o PNHR – Programa Nacional de Habitação Rural, significou uma oportunidade de adquirir uma habitação digna. Contudo, a política não foi implantada no assentamento, e grande parte das famílias seguem em situações muito precárias de moradia à espera de assistência. Tal política, conhecida popularmente como "Minha Casa Minha Vida Rural" –, foi regulamentada em 2009 com o objetivo de reduzir o déficit habitacional rural. A política habitacional existente em nada contribui para a difusão de técnicas mais sustentáveis ou de bioconstrução nas moradias rurais. Isso ocorre devido à permissão de financiamento somente para projetos que façam uso de materiais cujo processo de construção e suas características físicas de desempenho estejam regulamentadas por normas técnicas. Conforme destaca (THEODORO et al 2016), as tecnologias alternativas da arquitetura popular brasileira ainda não são aceitas nos programas de financiamento habitacional como o Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV, dependem ainda da comprovação da eficiência e segurança de produtos por meio da utilização destes em obras concluídas e bem-sucedidas. Essa exigência elimina a possibilidade de uso das técnicas de bioconstrução, uma vez que as mesmas não possuem normatização técnica, e acaba por determinar o padrão construtivo das moradias do campo cada vez mais "urbanizadas". No que tange à produção espontânea de moradia no meio rural, muitos optam pela construção nos moldes convencionais.

Acredita-se que os principais fatores que distanciam a bioconstrução de uma maior expressividade nas construções de moradias rurais são: o pouco acesso à informação

acerca das externalidades da produção convencional de moradia; a execução de técnicas de maneira isolada e não assistida, que dificulta o aperfeiçoamento da técnica e contribuem para a visão da bioconstrução como uma técnica de baixa durabilidade; a ausência de direcionamento de seguimentos de financiamento de moradia para o incentivo do uso de biotécnicas. A assistência técnica é portanto, uma estratégia chave para o combate do censo comum, segundo Nazário (2013), ‘a bioconstrução não é uma técnica construtiva contrária à tecnologia, mas trabalha aliada aos processos construtivos usando materiais reutilizáveis como forma de diminuir impactos ao meio ambiente’.

### 1.1. A bioconstrução, as técnicas e os saberes populares da arquitetura brasileira

Popular, foi o termo escolhido por Weimer (2012, p. 40), para conceituar a prática social de bioconstrução. Como esclarece o autor, ‘*populus*, designava o conjunto dos cidadãos que excluía, por um lado, os mais privilegiados {...}, e, por outro lado, os menos afortunados, a plebe, ou despossuídos’.

O mesmo autor diz ainda que ‘essa definição parece ser extremamente atual e feliz: exclui a arquitetura realizada para a elite – denominada erudita – e a dos excluídos em que, moderadamente, se tem usado o termo favela e outros termos semelhantes.

Weimer ainda designou características à arquitetura popular como forma de delimitar os limites da amplitude dessa arquitetura. Dentre estas características estão: simplicidade, adaptabilidade e criatividade (2012, p. 41).

De acordo como curso de bioconstrução elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, Bioconstrução é a construção de ambientes sustentáveis por meio do uso de materiais de baixo impacto ambiental, adequação da arquitetura ao clima local e tratamento de resíduos (Brasil. MMA, 2008).

Para Görgen (s.d.) Bioconstrução é uma forma de construir integrada com a natureza, onde se utilizam materiais naturais, procurando evitar a utilização de materiais industrializados que normalmente são onerosos e que ao se produzir são agressivos ao meio ambiente. É uma forma de construir acessível aos agricultores, pela abundância de materiais no local da obra. Para isso usam-se materiais alternativos, todos os materiais disponíveis na região que agreguem qualidade à obra, diminuam os custos da construção, não degradem o meio ambiente, sejam renováveis e sejam mais sustentáveis que o material substituído.

Dentre as técnicas mais utilizadas citamos aqui algumas opções que utilizam materiais locais e alternativos, lembrando que nem todos são oriundos da natureza, mas auxiliam no aproveitamento de materiais do local.

- a. **Adobe:** consiste em amassar o barro com os pés, com mistura de palhas ou não e colocado em formas para dar características de tijolos. Devem ser colocado à sombra para secar (LENGEN, 2008, p.306);
- b. **COB:** é uma palavra inglesa cuja tradução literal é “maçaroca” (Brasil. MMA, 2008). Nesta técnica o solo é amassado com os pés, adicionam-se palhas para dar resistência e são feitas bolas moldadas com as mãos e colocadas como se fossem tijolos formando as paredes (SOARES, 2007);
- c. **Pau-a-pique:** consiste na utilização de varas colocadas a pique (em pé), onde se enterram as extremidades que ficam no chão e amarram as partes superiores em uma madeira utilizada como viga (WEIMER, 2012), os vãos entre as estacas podem ser preenchidos com materiais naturais;
- d. **Taipa de mão:** também conhecida como taipa de sebe, barreado, casa de sopapo. Constroem-se uma estrutura com troncos, varas em forma de quadriculados amarrados, que depois são preenchidos com barro amassados, misturados com palhas ou não (LENGEN, 2008. P. 381);

- e. **Taipa de Pilão:** aqui a terra é umedecida, estabilizada, misturada com palha, crina ou mesmo pura e colocada dentro de formas no local da parede, onde é apilada com mão de pilão (origem do nome), depois as formas são retiradas (SOARES, 2007);
- f. **Taipa leve:** é o mesmo processo utilizado para a Taipa de pilão, no entanto é utilizada uma quantidade bem maior de fibras naturais. A pressão neste caso tem que ser superior a 500 kg/m<sup>3</sup> para evitar a proliferação de fungos (SOARES, 2007).
- g. **Fardos de palhas:** os fardos de palha (tipo feno) são colocados formando as paredes, amarrados um ao outro e prensados para adquirir resistência depois cobertos com lama com algum material que dê liga, como polvilho por exemplo (LACY BARCA, 1992);
- h. **Superadobe:** nesta técnica as paredes são levantadas com terra de subsolo ensacada, usando para isso sacos de rafia em polipropileno e fios de arames farpados. É um tipo de construção resistente a abalo sísmico, e com muito bom isolamento térmico (SANTORO E PENTEADO, 2009). Após o levantamento da parede, o saco é queimado para a adesão do reboco.
- i. **Hiperadobe:** nesta, o processo de construção é semelhante ao superadobe, porém são utilizados sacos de Rachel em polipropileno, semelhantes aos utilizados para embalar cebolas e batatinhas. Por ter malhas maiores, o saco de Rachel não precisa ser queimado para adesão do reboco (LIBRELOTTO, 2014).

Existem outras técnicas de construções com terra em que são adicionados produtos industrializados com elevados impactos ambientais, mas que devido as quantidades mínimas utilizadas, a agressividade ao meio ambiente é amenizada. É o caso do BTC-Blocos de Terra Compactada (terra, cal e cimento) e o solocimento (solo + cimento).

## 2. OBJETIVOS

Esse artigo tem como objetivo demonstrar a análise feita sobre as técnicas de bioconstrução aplicadas pelos moradores do Assentamento Pequeno Willian em Planaltina Distrito Federal, em suas moradias. A análise busca a compreensão da eficácia e do desempenho das construções de baixo impacto ambiental e baixo custo financeiro para estes moradores. As técnicas utilizadas evidenciam a importância da manutenção e continuidade dos saberes populares, em especial para as comunidades com pouco acesso aos meios de construção convencionais e que buscam priorizar modos de vida de respeito e harmonia para com o meio ambiente.

## 3. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada obedecendo aos seguintes passos: primeiramente foi escolhido o público alvo (moradores do Assentamento Pequeno Willian), a partir dessa escolha, foram realizados diálogos com todos os envolvidos no mapeamento para exposição do passo a passo da pesquisa e quais ferramentas a serem utilizadas para compor as informações.

Por meio de técnicas de cartografia participativa, realizou-se um levantamento das soluções em bioconstrução aplicadas pelos moradores do Pequeno Willian e do impacto dessas práticas na vida das famílias, com o objetivo de identificar as seguintes características das moradias: formas e padrões construtivos, materiais utilizados, número de membros da família, escolaridade dos titulares, estados de origem dos titulares, idades dos titulares e o tamanho da residência. Em um segundo momento, realizou-se entrevistas Semi-Estruturadas (Tabela 1), seguido de roda de prosa entre assentados do Pequeno Willian com a participação de professores e estudantes do IFB-Campus Planaltina, objetivando verificar os conhecimentos da comunidade em relação às técnicas de construções ancestrais.



#### 4. RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa de campo foi efetuada por meio de visita, levantamento fotográfico e entrevista semiestruturadas executadas pelas autoras em 17 de um total de 22 parcelas. Após a coleta de informações os dados foram sistematizados.

Observou-se que o tamanho das residências vão de 27m<sup>2</sup> a 96m<sup>2</sup> e possuem diferentes características nas técnicas, materiais utilizados e motivos que levaram cada morador optar pela técnica aplicada. Dentre as técnicas levantadas, foram observadas 09 moradias de compensado, 01 moradia de madeirite, 01 moradia de lona preta, outras 5 casas foram construídas em alvenaria e o restante em bioconstrução.



##### ESTRUTURA

M - madeira  
Al - alvenaria portante  
Cc - concreto  
Rt - material reutilizado

##### VEDAÇÃO

Mt - madeirite  
Ln - lona  
Rt - material reutilizado  
Te - terra

##### PISO

C - contrapiso cimento  
Cq - cimento queimado  
Cm - cerâmica  
Ch - chão terra batida

##### TELHA

Fc - fibrocimento  
Cr - cerâmica  
Ln - lona

Figura 1. Mapeamento de técnicas construtivas no Assentamento Pequeno William.

Tabela 1. Dados mais relevantes discutidos com os moradores do Assentamento Pequeno William em Planaltina – DF

N. Parcela	N. Moradores na residência?	Tamanho da residência?	Material utilizado na construção?	Porque potou pelo material?	Situação da moradia (observação da pesquisadora)
01	08	90m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
02	05	36m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
03	04	56m <sup>2</sup>	Alvenaria convencional e telhas de fibrocimento	Perdeu os adobes que fez por causa da chuva	Pouco confortável
04	03	49m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
09	02	40m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
11	04	85m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento (37m <sup>2</sup> ) Hiperadobe 48m <sup>2</sup> (ainda em construção)	Poucas condições financeiras	Inacabada sem condições de avaliação
12	10	160m <sup>2</sup>	64m <sup>2</sup> alvenaria convencional; 48m <sup>2</sup> em pallet; 24m <sup>2</sup> compensado naval usado e 24m <sup>2</sup> em bioconstrução.	Poucas condições financeiras	Confortável; Pouco confortável; Muito desconfortável; Confortável.
13	04	48m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
14	05	48m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
15	04	60m <sup>2</sup>	Madeirite e forro de pvc usados e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Desconfortável
16	02	88,70m <sup>2</sup>	Bioconstrução com parte em telhas de fibrocimento e parte em telhas de barro reaproveitadas.	Por ser de baixo custo e com baixo impacto ambiental	Médio conforto devido as telhas de fibrocimento
17	04	80m <sup>2</sup>	Madeiras, lona preta e telhas nas paredes e telhas de fibrocimento no telhado	Poucos recursos financeiros	Muito desconfortável
18	01	48m <sup>2</sup>	Alvenaria convencional	Poucos recursos financeiros	Desconfortável
19	02	27m <sup>2</sup>	Alvenaria convencional e telhas de fibrocimento	Ganhou tudo	Desconfortável
20	04	48m <sup>2</sup>	Compensado naval usado e telhas de fibrocimento	Poucos recursos financeiros	Desconfortável
21	03	96m <sup>2</sup>	Alvenaria convencional e telhas de fibrocimento	Mais prático	Conforto médio
22	02	120m <sup>2</sup>	Alvenaria convencional 108m <sup>2</sup> ; Bioconstrução 12m <sup>2</sup> ; telhados de fibrocimento	Maior segurança contra roubo	Confortável devido à proximidade das árvores.

Dos moradores entrevistados durante a pesquisa, apenas 11,7% se declararam satisfeitos quanto ao conforto de suas residências, considerando as moradias tanto de alvenaria quanto as de bioconstrução.

A aplicação da técnica de bioconstrução no assentamento, em sua maioria advém de conhecimento herdado dos antepassados de cada família e aperfeiçoado através de pesquisas e práticas de bioconstrução.

O material predominante utilizado pelos moradores que optaram pela bioconstrução foi o barro, madeira e bambu. E para os que optaram pelo improvisado predominou o compensado naval usado e lona, o que exclui o resultado de uma evolução de profundo respeito às tradições culturais do grupo' (Weimer, 2012, p. 43) onde predomina a criatividade com o uso das técnicas de bioconstrução herdadas.



Figura 2. Residência de material reutilizado, parcela nº 1.

Os dados coletados com os moradores que optaram por construções de alvenaria mostram que apesar de ser uma residência que transmite segurança, ainda não proporciona o conforto esperado devido à falta de acabamento que demanda custo relativamente alto. Um fator em comum entre todos os moradores do assentamento é a existência em suas parcelas de tecnologias sociais como: fossa ecológica e fogão a lenha construído usando as técnicas de bioconstrução.



Figura 3. Residência de material reutilizado, parcela 11.





Figura 4. Residência parcela 16 construída usando as técnicas de Taipa de mão, COB, Superadobe, Taipa de pilão e Adobe.



Figura 5. Residência parcela 16 construída usando as técnicas de Taipa de mão, COB, Superadobe, Taipa de pilão e Adobe.

Os moradores que optaram pelas técnicas de bioconstrução para edificar suas residências relataram os seguintes motivos distintos: apreciação das técnicas diversas de bioconstrução, baixo custo, conforto térmico e mão de obra própria. Esses moradores não obtiveram ajuda de custo do governo nem de entidade privada, foram construindo por partes, de acordo com os recursos que possuíam. Uma boa alternativa foi promover mutirões para atrair mão de obra voluntária e, em troca disso, estar ensinando as técnicas de bioconstrução para grupos interessados, como exemplo disso, o caso da parcela 16, que usou mão de obra voluntária e mão de obra própria, usando também os próprios recursos para aquisição de materiais, servindo assim de exemplo para inspirar demais moradores



Figuras 6 e 7. Uma casa sendo construídas com Hiperadobe na parcela, 11 do Assentamento Pequeno Willian, Planaltina – DF.

## 5. DISCUSSÃO

Conforme demonstrado, é evidente a necessidade e o desejo de construir moradias de características construtivas partindo de bioconstruções, porém a realidade habitacional no campo enfrenta dois grandes desafios: há uma discrepância de identidade entre as unidades financiadas pelo PMCMV e as habitações mais sustentáveis desejadas pelas famílias; e há uma ausência de bases e assistência técnicas que permitam a construção de unidades mais sustentáveis que sejam construtivamente seguras.

Enquanto que a construção convencional de alvenaria gera resíduos que afetam a saúde do meio ambiente e possui custo ainda inacessível à grande parte da população brasileira, a bioconstrução, portanto, necessita apenas de mão de obra e de algumas matérias primas extraídas da natureza, como por exemplo, o barro usado nas técnicas de bioconstrução.

De acordo com Lyle (1994) citado por Sattler (2007, p. 38), através da história da humanidade, o ser humano costumava contar com apenas um ou dois materiais diferentes para construir suas edificações. Contudo, mesmos cientes disso, alguns moradores do Assentamento optaram por passar anos à espera de recurso governamental para ter acesso a uma casa construída de alvenaria e, diante disso, muitos deles sobrevivem em condições precárias, em barracos totalmente desconfortáveis, suscetíveis a problemas de saúde causados pelo desgaste e superaquecimento de materiais reciclados, muitas vezes tóxicos, ou até mesmo expondo-se ao risco de ficarem sem abrigo durante os períodos chuvosos.

Para Sattler (2007), a edificação é uma mediadora entre o Sol e a Terra. Assim, deve-se projetar uma edificação de forma a controlar o fluxo de energia (calor), para obter conforto térmico no seu interior.

O Estado possui papel importante na garantia de moradias dignas, entretanto, as políticas públicas nesse sentido são insuficientes e os programas habitacionais voltados para o campo tendem a ser dificultosos em seus critérios, o que torna o processo de financiamento desgastante e passível de desistência por parte do requerente.

Neste sentido, a escolha por tecnologias acessíveis, de baixo custo e ambientalmente sustentáveis, apresenta-se uma boa alternativa para se viver dignamente, com o mínimo de conforto que o ser humano necessita para viver.

A importância do tema da bioconstrução, com destaque para as questões de conhecimento empírico, tem um peso determinante para a arquitetura na própria comunidade. No entanto, uma série de questionamentos sobre a utilização das técnicas nessa comunidade permanece incerta, considerando a resistência de alguns quanto à utilização de sua prática e a preferência por residências de alvenaria convencional.

É notório que o conforto ambiental e térmico nas residências onde os moradores optaram pela arquitetura popular e a bioconstrução é significativo em relação às construções de alvenaria e construções alternativas usando materiais reciclados ou lona plástica. Faz-se necessário a criação de políticas públicas de incentivo ao uso das técnicas de bioconstrução, bem como, o fortalecimento de programas de financiamento para esse modelo de arquitetura. No mais, é preciso que 'o estudo da arquitetura popular deixe de ser um exotismo próprio de alguns "elementos não adaptados", como se dizia nos anos de chumbo, para se tornar uma necessidade conhecida', (WEIMER, 2012 p. XLIX).

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou mostrar à comunidade local outra forma das pessoas fazerem suas casas, com maior autonomia, usando os materiais que existem em abundância no local, materiais com menor índice de agressão ambiental e que ainda trazem conforto térmico aos moradores. Ressaltou-se a possibilidade de apresentar outras formas de se fazer



construção em assentamentos humanos, que não sejam somente com tijolos, cimento e ferro.

Outro ponto importante é o aspecto cooperativo da forma de se construir, como é o caso dos mutirões, trocas de serviços e não somente a mão-de-obra contratada de um profissional. Considera-se uma grande contribuição ter provocado a discussão a respeito do tema entre os moradores, onde teve destaque a reivindicação de que os programas habitacionais, projetos e políticas públicas atendam a outra visão de construção, ecologicamente equilibrada e socialmente justa.

Dentro do contexto burocrático dos programas habitacionais de financiamento para a aprovação dessas tecnologias e materiais, deve-se destacar o papel crucial que as universidades brasileiras – com seus laboratórios e canteiros experimentais – podem desempenhar, como também os Institutos de Pesquisa e Institutos Federais de Ensino, no que tange a assistência técnica para a construção de empreendimentos de habitação social mais sustentáveis – papel que hoje se encontra renegado.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCA, L. *Revista Ecológica: um material para cada teto*. Ano 2, n 21, p. 38-43. Novembro 1992.
- BAUMGARTEN, M. *Tecnologias sociais e inovação social*, 2006. Disponível em: <http://www.projeccia.com.br/images/download/organizacional/Tecnologias-sociais-e-inovacao-social.pdf> (acesso em: 30 de abril de 2018).
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável. Curso de Bioconstrução. Elaboração Cecília Pronpt – Brasília: MMA 2008. 64 p.* Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr\\_proecotur/publicacao/140\\_publicacao15012009110921.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/publicacao/140_publicacao15012009110921.pdf)> acesso em: 24.10.2018.
- FRANÇA, C. G. *Ministério do Desenvolvimento Agrário. Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural. Assentamentos em debates*. Brasília: NEAD, 2005. 300 p. pg. 18.
- GÖRGEN, F. S. *Bioconstrução: aprendendo com o João de barro*. Vídeo produzido pelo MPA em parceria com a PETROBRÁS. (S.D.).
- LENGEN, J. V. *Manual do arquiteto descalço*. (Câmara Brasileira do Livro) - São Paulo – Brasil: p.306, 364, 381. Ed. Empório do Livro, 2008.
- LIBRELOTTO, L.I. et al.,. *Tecnologias, sistemas construtivos e tipologias para habitações de interesse social em reassentamentos*. UFSC. Agosto 2013. Disponível em: <<portalvirtualhab.paginas.ufsc.br/files/2014/03/ficha-24-Hiperadobe.pdf>> Acesso: 24.10.2018.
- MOURA, L. A. *Construção alternativa com uso do adobe no Assentamento Florinda – GO*, 30 pg. 2013. Disponível em: [http://bdm.unb.br/bitstream/10483/5169/1/2013\\_LexandroRibeirodeMoura.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/5169/1/2013_LexandroRibeirodeMoura.pdf) (Acesso em: 02 de fevereiro de 2018).
- NAZÁRIO, S.G.P. *A aplicação da Permacultura na Habitação Popular*, 2013. Disponível em: <<https://issuu.com/paulaschuab/docs/monografiapaula>> (acesso em: 01 de maio de 2018).
- ONORUBIA, J. H.; RAMOS, L. M.; COSSÍO, F. V. *Diccionario de construcción tradicional: Tierra*. Ed. Nerea, S. A., 2003 – San Sebastián.
- PROMPT, C. H.; BORELLA, L. L. *Experiências em construção com terra no segmento da agricultura familiar*, 2010. Disponível em: <[https://datasites.cresolcentral.com.br/cresolcentral/publicacoes/1311083778629\\_29%20-%20Prompt%20e%20Borella.pdf](https://datasites.cresolcentral.com.br/cresolcentral/publicacoes/1311083778629_29%20-%20Prompt%20e%20Borella.pdf)> (acesso em: 30 de abril de 2018).
- SANTORO, R. B. E PENTEADO, C.L. *Bioconstrução: utilizando o conhecimento ecológico para a criação de construções saudáveis*. IN: XIII ENAPUR. Florianópolis. Brasil, 2009.

- SATTLER, M. A. *Habitacões de Baixo Custo Mais Sustentáveis: A casa alvorada e o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis*, 2007; apud LYLE, J. T. *Regenerative design for sustainable development*. New York: John Wiley & Sons, 1994. 338 p. Disponível em: <[http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao9/livro\\_completo.pdf](http://www.habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/colecao9/livro_completo.pdf)> Acessado em: 21 de julho de 2018.
- SILVA, C. M. G. *Habitacão Rural: uma luta por cidadania*. São Paulo: USP, 2014. 152f. Dissertação de Mestrado - Departamento de Arquitetura e Urbanismo da USP, 2014.
- SILVA, J. C. S. *Crítérios para Seleção de Ecoprodutos: uma visão crítica acerca do emprego de materiais de construção sustentáveis no Brasil - o caso da madeira plástica*. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. 116 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, UFRJ, 2012.
- SOARES, A. *Soluções Sustentáveis – construção natural*. Pirinópolis – GO. Mais Candango Editora. Ecocentro – IPEC – Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado, 2007.
- THE GREEN APOCALYPSE. *The Pragmatists versus the Idealists*. In: *Architectural Design - AD, The Architecture of Ecology*. London, Academy Press, p. 94, 1997.
- THEODORO, J. H.; MARAVALTHAS, R.; ANDRADE, L. M. S.; SILVA, C. F. *Financiamento Habitacional no Campo: a sustentabilidade como problemática no desenvolvimento de edificações rurais. Caso do Distrito Federal*. Disponível em:  
<<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/19356>> (acesso em: 02 de maio de 2018).
- VERDEJO, Miguel E. ; *Diagnóstico Rural Participativo: guia prático DRP. Revisão e adequação de Décio Cotrim e Ladjane Ramos-Brasília: MDA/Secretaria de Agricultura Familiar*, 2007. 62p.
- VIEIRA, Arthur A. *Bioconstrução uma revisão bibliográfica do tema e uma análise descritiva das principais técnicas*. 47 páginas. Projeto final em gestão ambiental, 2015 – Faculdade UNB de Planaltina – Universidade de Brasília. Disponível em:  
<[http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14222/1/2015\\_ArthurAlvesVieira.pdf](http://bdm.unb.br/bitstream/10483/14222/1/2015_ArthurAlvesVieira.pdf) > (Acesso em: 02 de fevereiro de 2018).
- WEIMER, Gunter. *Arquitetura Popular Brasileira*. 2º edição. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012.

# USO DE FIBRAS R-PET NO CONTROLE DA RETRAÇÃO DE TIJOLOS DE ADOBE

*Gustavo Rodrigues Lopes Tavares (gustavorltavares@gmail.com); Margareth da Silva Magalhães (margareth.magalhaes@uerj.br)*

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia (UERJ-FEN) - Brazil

**Palavras chave:** adobe, fibras de PET reciclado, retração.

*O crescente interesse por materiais de construção não convencionais deriva, em parte, do aumento da preocupação da humanidade com o impacto ambiental e o gasto de energia na fabricação dos materiais de construção convencionais. O uso de tijolos de adobe na construção, por outro lado, desde a antiguidade é uma técnica sustentável, uma vez que utiliza terra crua (não cozida), eliminando ou diminuindo a emissão de poluentes. Este artigo tem como objetivo verificar a eficácia de fibras de politereftalato de etileno recicladas (R-PET) no controle da retração e fissuração durante a secagem de tijolos de adobe. Para obter parâmetros como limite de liquidez, limite de plasticidade, densidade real dos grãos e curva granulométrica, foram realizados ensaios de caracterização do solo. O solo foi então misturado com argila, permitindo duas dosagens diferentes, ambas adequadas para uso em adobe. Por fim, fibras de R-PET recicladas de 32 mm de comprimento e 14 µm de diâmetro foram introduzidas nas misturas nas concentrações de 0,25% e 0,50%. Os ensaios de retração indicaram que as fibras de R-PET são eficazes no controle da retração e fissuração durante a secagem. Contudo, a eficiência das fibras foi maior na mistura com maior teor de argila, chegando a uma redução nos valores de retração de até 48%.*

## 1. INTRODUÇÃO

O adobe é um material de construção que consiste basicamente de terra (argila e areia) e água. As proporções em volume desses componentes podem variar, girando em torno de 50% de areia, 25% de argila e 25% de água (Van Lengen, 2014). Tradicionalmente, a mistura é feita utilizando os pés descalços, para então ser moldado em fôrmas, desenhado, ainda fresco, e secado lentamente, à sombra, por pelo menos 20 dias, para evitar rachaduras ou deformações excessivas no tijolo.

Tal método de construção com terra é muito antigo. Campbell e Pryce (2009) apontam que as primeiras construções erguidas com adobe datam de cerca de 6500 anos A.C. nas regiões de Jericó, Israel, e na ilha de Chipre. Ao longo da história, novos materiais foram sendo incorporados à mistura, conferindo melhorias no seu desempenho.

É apenas em 3500 A.C. que se inicia o processo de queima dos tijolos em fornos. Com esse processo, algumas propriedades dos tijolos, como a impermeabilização, foram sensivelmente melhoradas (Campbell e Pryce, 2009). Contudo, o resgate de terra crua como material de construção está em curso a nível mundial. Parte do crescente interesse por esses materiais decorre do aumento da preocupação com o impacto ambiental e o gasto energético decorrentes da produção dos materiais convencionais, tais como, cimento, aço e blocos cerâmicos. Diversos compostos poluentes são emitidos na atmosfera durante a queima, na produção dos blocos cerâmicos (material particulado, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre, monóxido de carbono, compostos clorados e fluoretados), impactando diretamente a qualidade do ar (Câmara et al, 2015), além das emissões e gasto energético no transporte destes materiais.

A produção de tijolos de adobe, por outro lado, uma vez que utiliza terra crua (sem necessidade de cozimento), não emite poluentes. A possibilidade de utilização da matéria

prima localizada no próprio terreno onde será erguida a edificação, diminui ou elimina a necessidade de transporte de materiais, bem como a emissão de poluentes no processo de produção (Barbosa e Ghavami, 2010). Outro ponto positivo é que o adobe tem alta capacidade de absorver umidade em dias mais úmidos e liberar em dias mais secos, ajudando a controlar a umidade no ambiente (Minke, 2015). Da mesma forma, ele também ajuda a controlar a temperatura no ambiente, reduzindo gastos com aquecedores ou ar-condicionado. No entanto, Minke (2015) ressalta que os tijolos de adobe não são impermeáveis, podendo perder resistência, quando molhados, se expandindo e mudando do estado sólido para o plástico. Por último, é grande a retração que esse material sofre durante o processo de secagem, o que pode gerar fissuras. Segundo Minke (2015), é possível minorar o efeito de retração dos tijolos pela redução do teor de água adicionada à mistura, pela redução da quantidade de argila, ou com o emprego de estabilizantes, como cal, cimento ou fibras.

A estabilização do adobe com fibras é um conceito bem antigo, e, de acordo com êxodos 5:6, os egípcios usavam a palha, para reforçar tijolos de barro. Há diversas pesquisas, inclusive brasileiras, que investigam as propriedades conferidas ao adobe por diversos tipos de fibras vegetais (Amaral, 2017; Battistelle, 2002; Bouth, 2005; Silva et al., 2005; Costa et al., 2014; Van Lengen, 2014).

As principais funções das fibras em materiais a base de terra, segundo Barbosa e Ghavami (2010), são impedir e controlar a fissuração durante a secagem, distribuindo as tensões devidas à deformação por retração da mistura em toda a massa do material e acelerar a secagem, drenando a água para o exterior pelos canais das fibras. Além disto, Houget (1992) ressalta que a adição de fibras em matrizes frágeis (cimentícias ou solo) também melhoram o comportamento mecânico do compósito após a fissuração da matriz, dando-lhe maior ductilidade e capacidade de absorver energia e, ainda, podem incrementar a resistência à tração, dependendo do teor de fibras. Isto ocorre por que as fibras que atravessam as fissuras atuam como ponte de transferência de tensões entre as partes da matriz separadas pela fissura, de tal forma que a deformação somente continua após um novo acréscimo de tensão (Bentur e Mindess, 1990).

Embora o uso de fibras vegetais para estabilização do solo seja um conceito antigo e bem documentado, o uso de outros tipos de fibras em construções com terra, tal como as fibras de PET, tem sido pouco estudado ou não se tem referência.

Um motivo para a escolha de fibras de PET como reforço do solo é que elas podem promover melhorias significativas no controle ou combate da fissuração devido a deformação por retração e ainda promover incremento de ductilidade, capacidade de deformação e resistência pós fissuração da matriz quando submetido a esforços mecânicos. O que gera maior segurança nas construções.

Ainda, uma outra vantagem do uso de fibras de PET na fabricação do adobe é principalmente devido a razões ambientais, pois derivados de plásticos pós-consumo é o tipo de resíduo que possui maior tempo de decomposição (superior a 100 anos), seu consumo como reforço de matrizes frágeis, como o solo, reduziria os impactos ambientais causados pela disposição incorreta dos resíduos, que não são biodegradáveis, e possíveis danos à saúde dos seres humanos e dos animais, principalmente por causa dos aditivos químicos utilizados na sua fabricação. Vale ressaltar que o consumo de resina PET para a fabricação de embalagens no Brasil é de cerca de 537 mil toneladas, sendo deste total reciclados apenas 51%, isto é, 274 mil toneladas, segundo o último censo realizado pela Associação Brasileira da Indústria PET (2016).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é fornecer uma pequena contribuição para a investigação e melhoria da qualidade do adobe, verificando a viabilidade do uso de fibras de PET recicladas (R-PET) no controle da retração e possível fissuração dos tijolos de adobe.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### 2.1. Caracterização dos materiais

Os materiais utilizados na fabricação dos corpos de prova foram: solo natural, filito, água e fibras de PET recicladas (R-PET). Para a caracterização do solo e filito, foram realizados ensaios de teor de umidade, limite de liquidez, limite de plasticidade, densidade real dos grãos e a distribuição granulométrica. Estes ensaios tinham como objetivo verificar se o solo era adequado para a confecção de tijolos de adobe.

O teor de umidade do solo, determinado com base na norma NBR 6457 (2016), é definido como a massa da água contida em uma amostra de solo dividido pela massa de solo seco. Os limites de liquidez e plasticidade foram determinados, respectivamente, pelas normas NBR 6459 (2016) e NBR 7180 (2016). O limite de liquidez indica o teor de água a partir do qual o solo adquire consistência líquida e o limite de plasticidade é o teor de água abaixo do qual o solo perde a consistência plástica. A densidade real dos grãos foi determinada como descrito na norma NBR 6458 (2016) e é definida como a relação entre o peso específico do grão e o peso específico água.

Por fim, a análise da distribuição granulométrica foi realizada de acordo com a norma NBR 7181 (2016). Este teste determina as proporções em percentual dos diferentes tamanhos das partículas do solo. Neste trabalho foi utilizada a classificação apresentada por Barbosa e Ghavami (2010), que difere sensivelmente da norma NBR 6502 (1995). Optou-se pela classificação adotada pelo referido autor, pois adotou-se as distribuições granulométricas adequadas e ótimas para a confecção de tijolos de adobe sugeridas pelo mesmo.

A NBR 6502 (1995) apresenta a seguinte classificação granulométrica: pedregulho (2,0 a 60 mm), areia (60  $\mu$ m a 2 mm), silte (2 a 60  $\mu$ m) e argila ( $\leq$  2  $\mu$ m). Já pela classificação adotada por Barbosa e Ghavami (2010), as partículas de solo são classificadas em: pedregulho (4,8 a 50 mm), areia (50  $\mu$ m a 4,8 mm), silte (5 a 50  $\mu$ m) e argila ( $\leq$  5  $\mu$ m).

#### 2.1.1. Solo natural e filito

O solo utilizado para a confecção dos corpos de prova de adobe foi coletado na região da Tijuca, zona norte do Rio de Janeiro, aos pés de uma rocha denominada Pedra da Babilônia, constituída por gnaíse. Os resultados dos ensaios de caracterização desse solo são apresentados na Figura 1 e Tabela 1.

A análise da distribuição dos grãos indicou que o solo é composto de 4% de pedregulho, 75% de areia, 12% de silte e 9% de argila. Este solo tem limite de liquidez igual a 47%, limite de plasticidade de 27,65% e índice de plasticidade igual a 19,43%. A norma Australiana AS 3700 (2001) estabelece que o solo ideal para estabilização com fibras tem que ter limite de liquidez entre 30% e 50% e índice de plasticidade entre 15% e 35%. Além disto, Barbosa e Ghavami (2010) propõem que o solo apropriado para a fabricação do adobe tem até 10% de pedregulho, 45-75% de areia, 10-45% de silte e 15-30% de argila e o solo ideal tem 0% de pedregulho, 60% de areia, 15-20% de silte e 20-25% de argila. Desta forma o solo original foi peneirado para eliminação das partículas maiores que 4,8 mm e misturado com filito de forma a diminuir o teor de areia e aumentar o teor de argila.

O filito utilizado é um material industrializado, da marca Pavione, de proveniência da cidade de Ipanema, Minas Gerais, Brasil. Segundo a análise granulométrica (Tabela 1) é um material rico em argila (57% em massa).



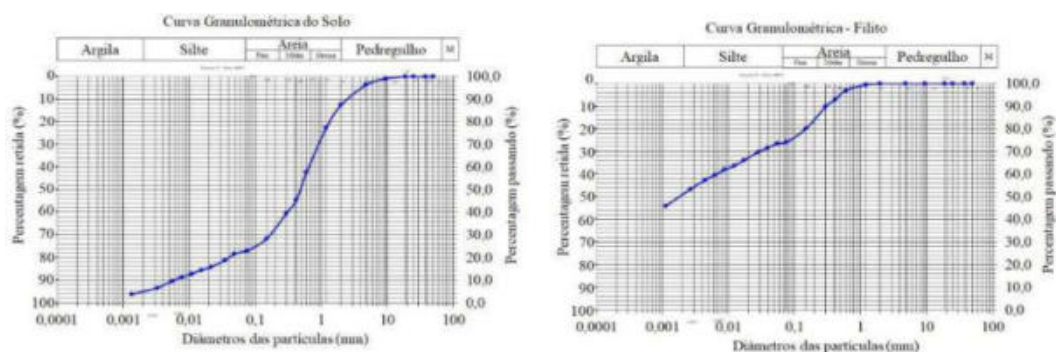


Figura 1. Curvas granulométricas do solo natural e filito.

Tabela 1. Características dos materiais utilizados para fabricação dos corpos de prova

	Solo	Filito	M01	M02
Teor de umidade (%)	2,80	16,69	4,58	7,67
Densidade real dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )	2,65	2,74	2,68	2,69
Limite de liquidez (%)	47,08	63,21	36,29	42,06
Limite de plasticidade (%)	27,65	34,04	21,29	23,21
Índice de plasticidade (%)	19,43	29,17	15,00	18,85
Pedregulho	4,00	0,00	0,00	0,00
Areia	75,00	27,00	66,50	57,50
Silte	12,00	16,00	13,50	12,50
Argila	9,00	57,00	20,00	30,00

### 2.1.2. Mistura de solo natural com filito

Em misturas de terra com mais argila, a tendência é que mais água seja absorvida e, conseqüentemente, mais água seja perdida no processo de secagem, resultando em maior retração do material. Este fenômeno ocorre porque a argila é o componente do solo com maior capacidade de absorção de água (Minke, 2015). Então, com o objetivo de verificar a influência do teor de argila na retração do adobe e conseqüentemente a eficácia da contenção da retração pelas fibras R-PET, foram elaboradas duas misturas (M01 e M02) com diferentes teores de argila: a mistura M01 foi fabricada com 68% de solo natural e 32% de filito e a mistura M02 com 50% de solo natural e 50% de filito. A curva granulométrica das misturas M01 e M02 são apresentadas na Figura 2 e os valores obtidos das curvas juntamente com os valores de teor de umidade, densidade dos grãos, limite de liquidez e de plasticidade e índice de plasticidade são apresentados na Tabela 1. De acordo com a análise dos dados e segundo as recomendações de Barbosa e Ghavami (2010), as duas misturas foram consideradas adequadas para a fabricação de adobe.

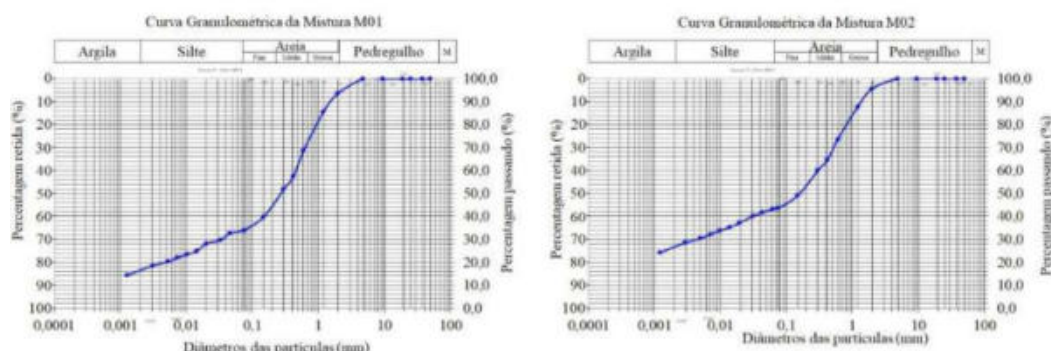


Figura 2. Curvas granulométricas do solo corrigido: mistura M01 (68% de solo + 32% de filito) e mistura M02 (50% de solo + 50% de filito).

### 2.1.3. Fibras de PET

As fibras de PET (politereftalato de etileno) reciclado (R-PET) utilizadas neste estudo são industrializadas e foram produzidas pela MG Fibras Brasil, a partir de flocos de poliéster obtidos da reciclagem de garrafas PET. As fibras R-PET, mostrada na Figura 3, possuem um comprimento de 32 mm, diâmetro igual a 14  $\mu\text{m}$  e densidade de 1,43  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Tais fibras tem tido aplicação, segundo o próprio fabricante, majoritariamente na indústria têxtil. No entanto, neste trabalho, elas foram utilizadas como reforço do adobe.



Figura 3. Fibras de R-PET

### 2.2. Produção das amostras

Foram produzidas cinco diferentes misturas, variando-se os teores de solo natural, filito e fibras de R-PET. As fibras de R-PET foram adicionadas em teores de 0,25% e 0,50% em relação ao volume total de materiais secos da mistura (solo e filito). As misturas produzidas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Dosagem das misturas.

Ingredientes	M01-0	M01-0.50	M02-0	M02-0.25	M02-0.50
Solo natural/(solo + filito) (%)	68,00	68,00	50,00	50,00	50,00
Filito/(solo + filito) (%)	32,00	32,00	50,00	50,00	50,00
Água/(solo + filito) (%)	16,50	16,50	18,00	18,00	18,00
Volume de R-PET <sup>1</sup> (%)	-	0,50	-	0,25	0,50
R-PET/(solo + filito) <sup>2</sup> (%)	-	0,27	-	0,13	0,27

<sup>1</sup>Em relação aos materiais secos (solo + filito); <sup>2</sup>Proporção em massa.

A quantidade de água a ser adicionada a cada tipo de mistura foi determinada seguindo o método prático apresentado por Barbosa e Ghavami (2010). Adiciona-se água lentamente de forma a tornar a mistura trabalhável. Molda-se então uma esfera com cerca de 8cm de diâmetro e deixa-a cair de uma altura de 1,50m. Depois do choque da esfera com o chão, mede-se a sua altura e diâmetro. Se a altura da esfera corresponder a cerca de um terço do seu diâmetro, a quantidade de água na mistura está adequada.

Procedeu-se desse modo até encontrar valores adequados de água a ser adicionada às misturas. Para a mistura M01 com 68% de solo natural e 32% de filito, adicionou-se 16,5% de água em relação a massa de material seco total (solo + filito) e para a mistura M02 (50% de solo e 50% de filito) foi adicionado 18% de água em relação a massa de material seco total, pois esta possui mais argila, que é o componente da mistura que absorve mais água.

### 2.2.1. Procedimento de mistura, moldagem e secagem

Em relação à mistura, inicialmente, optou-se por utilizar um misturador mecânico, porém as misturas se mostraram muito densas, principalmente com a presença de fibras. Como a potência do equipamento disponível não foi suficiente, optou-se por misturar os componentes amassando-os com os pés, como tradicionalmente se faz no processo de confecção do adobe.

Primeiro foi realizada a mistura do solo com o filito, em seguida a água foi adicionada e por último as fibras de R-PET. No procedimento de mistura, foi tomado o cuidado de separar os grupos de fios que se encontravam juntos, antes de adicioná-los à mistura. A fibra foi então sendo adicionada lentamente na mistura, enquanto esta era revolvida e pressionada, de forma a dispersar adequadamente as fibras, evitando assim concentrações ou vazios de fibras na mistura. Após homogeneização, a mistura foi colocada nas fôrmas em cerca de 3 camadas. Cada camada foi consolidada antes da camada seguinte, de forma a preencher todos os vazios. Os moldes eram desmontáveis, de modo a possibilitar a desforma sem provocar deformações nos corpos de prova.



Figura 4. Prismas para ensaio de retração em processo de secagem.

### 2.3. Técnica de ensaio

Para os ensaios de retração foram utilizadas 4-5 amostras prismáticas por mistura. Como o objetivo dos ensaios era medir a retração linear devido a secagem de corpos de prova, isto é, a variação de comprimento da maior dimensão do corpo de prova, optou-se por utilizar prismas com dimensão de 5 x 5 x 30 cm (altura x largura x comprimento), com uma das dimensões preponderantes, como proposto por Barbosa e Ghavami (2010).

Após a moldagem, os corpos de prova foram posicionados livres, em uma superfície plana (Figura 4), de forma a não ocorrer restrição de deformação. Assim, eles estavam livres para se deformar devido a secagem do corpo de prova, contudo, como uma das dimensões era muito superior as outras duas, a deformação predominante era no sentido do maior comprimento.

O ensaio foi realizado até 13 dias de idade e medidas do comprimento foram feitas regularmente com um paquímetro durante os ensaios, de modo a acompanhar o processo de variação de comprimento. A retração linear foi determinada dividindo-se a variação de comprimento no tempo pelo comprimento inicial.

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

#### 3.1. Retração

Na Figura 5 são apresentados os gráficos de retração em função do tempo para as misturas M01-0, M01-0.50, M02-0, M02-0.25 e M02-0.50. O tempo zero é considerado o tempo de teste inicial (hora da moldagem dos corpos de prova). Valores de retração foram medidos até os 13 dias de idade. As curvas exibiram no estágio inicial (aproximadamente 7 dias) um grande aumento da deformação devido a retração dos corpos de prova, após isto a taxa de deformação reduz com o aumento do tempo. Aos 7 dias, valores médios de retração de todas as misturas, apresentados na Tabela 3, foram entre 81% e 93% dos respectivos valores aos 28 dias de idade.

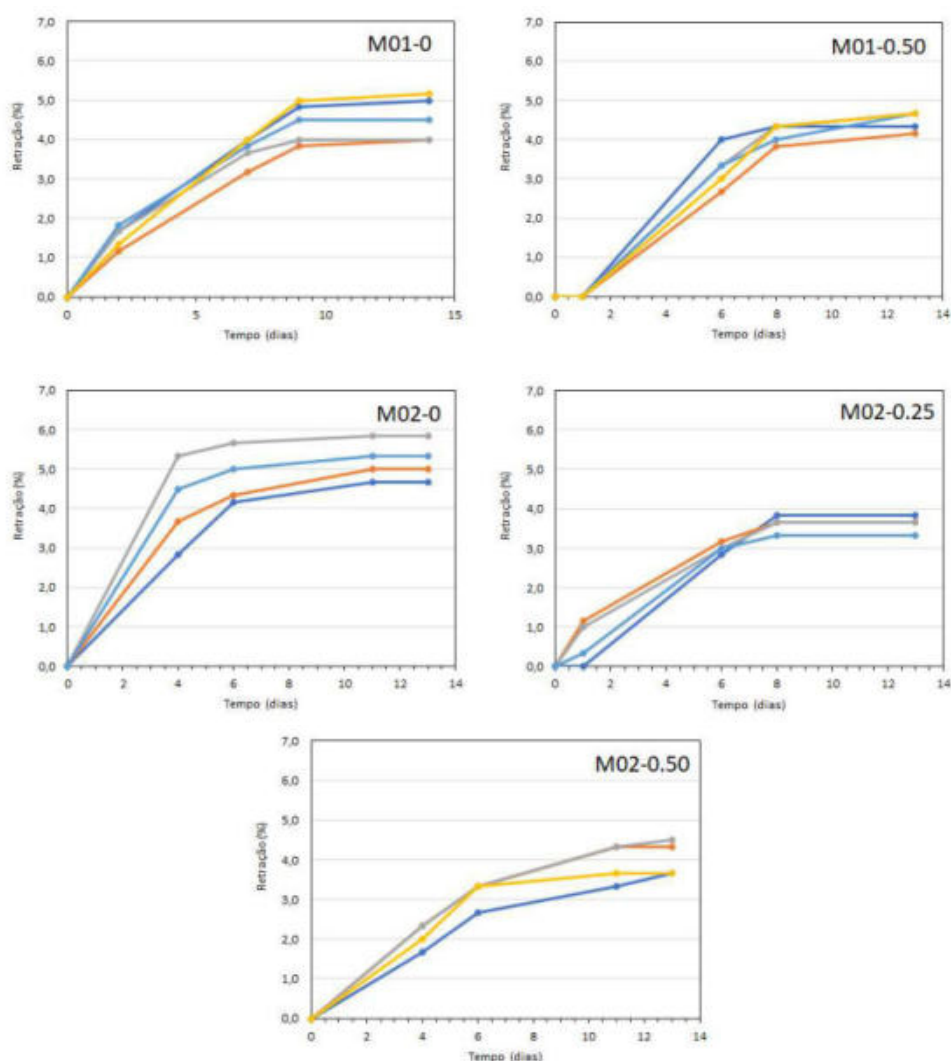


Figura 5. Curvas de retração x tempo para as misturas M01-0, M01-0.50, M02-0, M02-0.25 e M02-0.50.

Tabela 3. Valores médios de retração e desvio padrão (em parênteses) das misturas.

Tempo	Retração (%)				
	M01-0	M01-0.50	M02-0	M02-0.25	M02-0.50
7 dias	3,73 (0,35)	3,72 (0,33)	4,88 (0,65)	3,31 (0,10)	3,32 (0,35)
13 dias	4,51 (0,54)	4,50 (0,24)	5,21 (0,50)	3,63 (0,21)	4,04 (0,44)



De uma forma geral, e, como esperado, as fibras de R-PET tem um efeito positivo na redução da retração. Contudo, este efeito foi mais visível na mistura M02 com maior teor de argila. Por exemplo, a mistura M02-0, com 50% de solo e 50% de filito e sem fibras, apresentou 4,88% de retração aos 7 dias e 5,21% aos 13 dias. Quando 0,50% de fibras R-PET (M02-0.50) foi adicionada à mistura, os valores de retração foram reduzidos para, respectivamente, 3,32%, aos 7 dias, e 4,04%, aos 13 dias. Os resultados indicaram uma redução brusca de até 32% no valor da retração. Já a mistura M01-0, com 68% de solo e 32% de filito e sem fibras, apresentou valor de retração aos 7 dias similar ao apresentado pela mistura com 0,50% de fibras de R-PET (M01.0.50). O mesmo ocorreu aos 13 dias de idade.

Esta diferença de comportamento entre as misturas pode ser explicada pelas diferentes composições das misturas. A mistura M01 apresenta valores mais altos de areia (66,5%) e silte (13,5%) e valores mais baixos de argila (20%), quando comparado a mistura M02, com 57,5% de areia, 12,5% de silte e 30% de argila. A argila é o componente da mistura que mais contribui para o aumento da retração e a areia, por ter grãos maiores que a argila, serve como uma restrição no processo de deformação (Blondet et al., 2004) Devido a isto a mistura M02 possui uma maior deformação por retração que a mistura M01, sendo o efeito das fibras mais visível na mistura M02. Outro fator que influencia este efeito é o maior teor de água na mistura M02 (ver Tabela 3).

Corroborando com o comportamento acima explicado, observamos que a mistura M01 sem fibras (M01-0) apresentou uma acentuada redução nos valores de retração em relação a mistura M02 sem fibras (M02-0). Por exemplo, aos 7 dias a mistura M02-0 apresentou uma retração de 4,88% e a mistura M01-0, 3,73%, e, aos 13 dias, a retração da mistura M02-0 foi 5,21%, enquanto a retração da mistura M01-0 foi de 4,51%.

Com o objetivo de comparar o efeito de diferentes teores de fibras na mesma mistura (M02), foi elaborada também uma série de prismas com 0,25% de fibras (M02-0.25). Comparando-se as misturas M02-0.25 e M02-0.50, observou-se que não houve diferença significativa na retração aos 7 dias. Aos 13 dias foi observado um aumento de 3,63% para 4,04%. Seria de se esperar, todavia, que as retrações fossem menores nos prismas da mistura M02-0.5 em comparação com os prismas da mistura M02-0.25, uma vez que as fibras ajudam a conter a retração. A explicação para este efeito é a possível aglomeração e dispersão heterogênea das fibras na mistura M02-0.5, o que prejudica o resultado.

Finalmente, nenhum processo de fissuração ou fratura foi observado nos corpos de prova das diferentes misturas.

#### **4. CONCLUSÕES**

Neste artigo foi apresentado o processo de retração de corpos de prova de adobe com e sem adição de fibras de R-PET (0.25% e 0.50% em volume), de forma a verificar o efeito das referidas fibras no controle da retração durante a secagem do adobe.

Inicialmente, procedeu-se à caracterização do solo e a sua correção para que este se tornasse adequado para a fabricação do adobe. Preparou-se duas dosagens diferentes misturando-se solo natural e filito: uma dosagem com menor teor de argila, mais próxima da dosagem ideal, e outra com maior teor de argila (ainda dentro da faixa de dosagens adequadas).

Os resultados indicaram que é possível controlar a retração de adobes com o uso de fibras de R-PET como reforço. O uso de fibras R-PET reduziu a retração linear até 48% do valor de referência, especialmente para altas dosagens de fibras (0,5%), e este efeito foi mais visível na mistura com maior teor de argila.



Os resultados deste trabalho são iniciais e visam contribuir com o melhor entendimento dos mecanismos de estabilização de misturas de adobe e ampliar o seu uso em construções rurais e urbanas. Nesse sentido, a construção civil poderia ganhar com a adoção de adobe com fibras recicladas de PET, uma vez que são materiais relativamente baratos e ecologicamente sustentáveis. Poder-se-ia investir na industrialização da produção, de modo a se obter tijolos de adobe padronizados, aumentando a confiabilidade no material. Parte da padronização já seria assegurada pela presença de fibras industrializadas, obtidas da reciclagem de garrafas PET, material que já é submetido a controle de qualidade, diferentemente das fibras vegetais, que apresentam uma variabilidade natural de dimensões e resistência à tração. No entanto, mais ensaios precisam ser feitos com diferentes teores de fibra e com misturas com diferentes dosagens, de forma a se ter maior clareza com relação à influência das fibras R-PET no controle da retração do adobe. Além de outros ensaios em tijolos de adobe, como os mecânicos, já em andamento, e de durabilidade.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira da Indústria do PET. (2016) *Décimo censo da reciclagem do PET no Brasil*.
- Alvarez, J. A. S. (2007). *Alvenarias e argamassas anteriores ao Império Romano*. In: 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS. Parque das Nações, em Lisboa. Disponível em < [http://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2051\\_07.pdf](http://www.apfac.pt/congresso2007/comunicacoes/Paper%2051_07.pdf) >
- Amaral, F. A. (2017). *Bloco de adobe: efeitos da adição de fibra de epicarpo do babaçu*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Design). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão (CCET UFMA). São Luís, Maranhão. Disponível em: < <https://tede.ufma.br/jspui/bitstream/tede/1916/2/FranciscoAmaral.pdf> >.
- Azevedo, H.D.de S. (2010). *Reforço de estruturas de alvenaria de pedra, taipa e adobe com elementos de madeira maciça*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto (FEUP). Porto. Disponível em < <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/66391/1/000146968.pdf> >.
- Barbosa, N. P.; Ghavami, K. (2010). *Terra crua para edificações*. In: Isaia, G. C. (Org.). *Materiais de construção civil e princípios de ciências e engenharia de materiais*. IBRACON. p. 1565 – 1598.
- Battistelle, R. A. G. (2002). *Análise da Viabilidade Técnica do Resíduo de Celulose e Papel em Tijolos de Adobe*. Tese de Doutorado. (Doutorado em Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. (CRHEA/EESC/USP), São Carlos, SP. Disponível em <file:///C:/Users/gusta/Downloads/Tese\_Battistelle\_RosaneAG\_corrigida.pdf >.
- Bentur, A.; Mindess, S. (2007). *Fibre Reinforced Cementitious Composites*. Modern Concrete Technology Series. Taylor & Francis.
- Blondet, M.; Garcia, M.; Villa, G.. (2004). *Earthquake Resistant Earthen Buildings? 13th World Conference on Earthquake Engineering (2594)*.
- Bouth, J. A. C. (2005). *Estudo da potencialidade da produção de tijolos de adobe misturado com outros materiais: uma alternativa de baixo custo para a construção civil*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. Disponível em < <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15542/1/JorgeACB.pdf> >.
- Camara, V. F. et al. (2015). *Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil*. *Cerâmica*, São Paulo, v. 61, n. 358, p. 213-218. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-69132015000200213&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132015000200213&lng=pt&nrm=iso)>.
- Campbell, J. W. P., Pryce, W. (2009). *História universal do tijolo*. *Caleidoscópio*
- Costa, H. N., Pinheiro, L. T., Menezes, F. C. M., Cabral, A. E. B. (2014). *Avaliação de tijolos de adobe com adição de cinzas e fibras de coco*. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente

- Construído. Maceió, Alagoas. ENTAC. Disponível em <  
[http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper\\_55.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_55.pdf) >.
- Houget, V. (1992) *Etude des caracteristiques mecaniques et physico-chimiques de composites ciments-fibres organiques*.
  - Minke, G. (2015). *Manual de construção com terra: uma arquitetura sustentável*. 1 ed. – São Paulo; B4 Ed.
  - NBR 6457 (2016) *Amostras de solo - preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
  - NBR 6458 (2016): *Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
  - NBR 6459 (2016). *Determinação do limite de liquidez*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
  - NBR 6502 (1995). *Rochas e solos*. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
  - NBR 7180 (2016). *Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
  - NBR 7181 (2016). *Solo – análise granulométrica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).
  - Peru. (2017). *Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Anexo – resolución ministerial nº 121-2017-vivienda*. Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. Disponível em <  
[http://procurement-notices.undp.org/view\\_file.cfm?doc\\_id=109376](http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376) >.
  - Romão, W.; Spinace, M. A. S.; Paoli, M. A. de. (2009). *Poli(tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem*. *Polímeros*, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 121-132. Disponível em <  
<http://www.scielo.br/pdf/po/v19n2/v19n2a09.pdf> >.
  - Silva, A. C., Lima, S. A., Leite, R. C. V., Paula, F. S., Soares, R. N., Lima, L. V. (2005). *Utilização do resíduo da castanha de caju na confecção de tijolos de terra crua (adobe): alternativas para redução do custo final de moradias de interesse social no Brasil*. In: *X encontro de geógrafos da américa latina*. Universidade de São Paulo.
  - Van Lengen, J. (2014). *Manual do arquiteto descalço*. 1. ed. São Paulo: B4 Ed.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa MG Fibras Brasil pela doação das fibras de PET.

# INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE CARVÃO VEGETAL EM COMPÓSITOS À BASE CIMENTÍCIA

*Marielza Corrêa dos Reis (marielizabjp@hotmail.com); Prof. Dr. Sheyla Mara Baptista Serra (sheyla.ufscar@gmail.com); mailto:Prof. Dr. João Vicente Zampieron (joao.zampieron@uemg.br)*

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - Brazil

Universidade Estadual do Estado de Minas Gerais (UEMG-Passos) - Brazil

**Palavras chave:** Resíduos de carvão vegetal, Compósitos cimentícios, Sustentabilidade, Sistemas construtivos.

*O uso de materiais suplementares em massas cimentícias vem se tornando crescente devido aos danos ambientais que a produção de cimento e a extração de agregados naturais podem causar ao meio ambiente. Os resíduos de carvão vegetal (RCV) apresentam-se como recurso renovável na incorporação de compósitos cimentícios. Pretendeu-se assim, avaliar a viabilidade técnica dos RCV como substituto parcial da areia fina em argamassas. A princípio, realizou-se um processo de beneficiamento e caracterização de amostras de RCV através das técnicas de análise do pH, e determinações analíticas. Em seguida, foi realizada a confecção das argamassas aplicando o RCV nos teores de 0%, 10%, 20% e 30% em substituição parcial a areia fina, mantendo constante a quantidade de cimento e a relação água/cimento. Após, foram realizados os ensaios de massa específica (densidade) e resistência à compressão. Os resultados mostraram o RCV como aglomerados de partículas, sendo constituído por Ca, Si, Mg, K e S. Considerando que as pozolanas isoladamente não possuem capacidade aglomerante e necessitam de uma fonte de cálcio, o emprego de RCV tende a atender tal demanda. Nos moldes de argamassa, observou-se um acréscimo na resistência à compressão, quando comparado à amostra de referência. Pode-se concluir que o uso de RCV em substituição parcial a areia fina melhora a resistência à compressão das argamassas, com trabalhabilidade aceitável e redução da absorção de água, demonstrando viabilidade técnica, redução do descarte inadequado de RCV e redução na extração de recursos não renováveis.*

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por materiais sustentáveis na construção civil leva a necessidade de dados técnicos e científicos para garantir a qualidade e confiabilidade desses materiais. Além disso, a utilização de resíduos agroindustriais produzidos em larga escala poderá mitigar os impactos ambientais negativos resultantes da disposição destes no ambiente e agregar valor a um novo produto.

A proposta desse estudo abrange dois temas muito importantes: a destinação de resíduos agroindustriais gerados em larga escala no Brasil para a produção de argamassas, e a influência dessa substituição/adição nas propriedades mecânicas de matrizes cimentícias.

O Brasil apresenta-se como o maior produtor mundial de carvão vegetal, contribuindo com cerca de 30% de todo o carvão produzido. A produção de carvão vegetal é realizada em carvoarias, onde são executadas as atividades produtivas desde o recebimento da madeira até o despacho do carvão processado. Todavia, parte de sua produção é arcaica, apresentando problemas ambientais e sociais, por envolverem atividades insalubres e de baixo nível de capacitação técnica (SILVA et al., 2014).

A construção civil posiciona-se no cenário industrial como um dos setores mais poluidores. Os processos industriais, tais como a fabricação de cimento, de cal e de produtos siderúrgicos justificam tal afirmação (POSSAN, FOGAÇA, PAZUCH, 2012). Alguns pesquisadores como Pacheco-Torgal, Jalali (2011) e Sellami, Merzoud, Amziane (2013), afirmam que a indústria da construção civil pode ser considerada como a principal responsável por uma grande quantidade de descartes de recursos não renováveis por consumir milhões de toneladas de rejeitos minerais e emitir toneladas de dióxido de carbono.

Considerando a quantidade de finos (material pulverulento) gerados na produção de carvão vegetal, e os materiais similares incorporados aos compostos à base de cimento cimentícias, como a cinza volante e a cinza de casca de arroz, já consagrados como adições minerais (ELIAS; SOARES; SOUZA, 2017) (VENKATANARAYANAN; RANGARAJU, 2014), torna-se importante a investigação da possibilidade deste resíduo em argamassas cimentícias. Com isso, espera-se verificar se o mesmo apresenta características pozolânicas e/ou cimentícias, que ao ser adicionado às matrizes cimentícias, melhore suas propriedades, caracterizando-o como uma adição mineral sustentável.

No âmbito ambiental, a incorporação ou estabilização de um resíduo, com alta finura e baixa densidade, como um material de construção, contribuiria ecologicamente com o crescimento sustentável da indústria geradora e economicamente com a redução dos custos dos compósitos cimentícios confeccionados, minimizando as agressões ambientais provenientes do descarte inadequado.

Economicamente, o mercado passaria a dispor de um novo tipo de aplicação para construções, potencialmente com custo mais baixo, uma vez que não demandaria de encargos necessários para a extração em jazidas e transporte de agregados finos.

Fazendo vistas aos fatores citados, somando a necessidade de reaproveitar os resíduos de carvão vegetal e agregar valor a eles, tem-se como principal alvo, confeccionar argamassas com diferentes teores de rejeitos de carvão vegetal (RCV), visando o uso em substituição parcial a areia fina, a fim de incorporar no setor da construção civil um arranjo mais sustentável.

### **1.1. Objetivo**

O objetivo do presente trabalho foi investigar a influência das misturas de argamassa em quatro níveis de adição, sendo eles, sem adição, com 10%, 20% e 30% de resíduos de carvão vegetal (RCV) em substituição parcial a areia fina, e avaliar as propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido.

Os objetivos específicos do estudo são:

- Avaliar o panorama da utilização de resíduos agroindustriais no setor da construção civil no Brasil com foco nos resíduos originários do beneficiamento do carvão vegetal e sua aplicação em massas cimentícias.
- Avaliar as formas de aplicação do RCV no mercado;
- Fazer um levantamento de informações acerca das pesquisas onde a biomassa já é utilizada;

## **2. MÉTODO DE ESTUDO**

O método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi baseado, preliminarmente, na revisão da literatura, sendo esta indispensável para obter uma ideia precisa sobre o estado atual sobre o tema, bem como suas lacunas e a contribuição da investigação para o desenvolvimento do conhecimento. Em seguida, foi realizado o estudo de caso em uma

empresa produtora de carvão vegetal que se dispôs a colaborar com a pesquisa, cedendo os resíduos para as análises laboratoriais.

Posteriormente, estabeleceu-se um programa experimental a fim de avaliar as propriedades dos RCV e as propriedades mecânicas das matrizes cimentícias contendo tais resíduos em substituição parcial à areia fina.

### **2.1. Revisão teórica**

A coleta de dados desta pesquisa foi efetuada por meio de revisão integrativa, onde são referenciados livros e revistas técnicas, recursos da internet como acesso a teses, dissertações, artigos e publicações técnico - científicas e em bibliotecas digitais, nacionais e estrangeiras. As informações acerca da utilização do carvão vegetal para geração de matrizes cimentícias são esparsas. Mesmo que a tecnologia de incorporação de resíduos em argamassas já esteja consolidada, há grande dificuldade de se encontrar estudos com informações sistematizadas sobre RCV que sejam direcionados a esse tipo de utilidade.

Durante a elaboração deste estudo, esperou-se condensar e avaliar dados relevantes encontrados. Concentrou-se em pesquisas bibliográficas relacionadas à avaliação do aproveitamento de resíduos de silvicultura para produção de matrizes cimentícias. Foram abordadas as tecnologias existentes para empenho da biomassa, sua composição e a situação dos resíduos no Brasil. Foram analisadas quais as concepções tecnológicas de processo adotadas por empresas que utilizam os resíduos como parte integrante dos produtos cimentícios.

### **2.2. Programa Experimental**

O presente trabalho experimental foi realizado em parceria com uma empresa carvoeira do município de Passos-MG. O carvão vegetal é obtido a partir da queima/carbonização de madeira. Desde total, cerca de 80% do material é carvão vegetal pronto para uso e 20% considerado como resíduo. Enquadra-se como resíduo a moinha, o tissot e o material fino (pó).

As amostras foram coletadas pelos próprios funcionários da carvoaria e armazenadas em sacos de ráfia. No laboratório, as amostras de resíduos de carvão vegetal foram quarteadas conforme a NBR NM 26 (ABNT, 2001) para realização dos ensaios.

O programa experimental desenvolveu-se em três fases, conforme Figura 1. Na primeira fase realizou-se um processo de beneficiamento e caracterização dos materiais. Na segunda fase, foi realizado um estudo das argamassas aplicando o RCV em substituição parcial à areia fina nos teores de 0%, 10%, 20% e 30%. Na terceira e última fase, foram realizados ensaios de resistência mecânica para verificar a influência da aplicação do RCV nas argamassas.



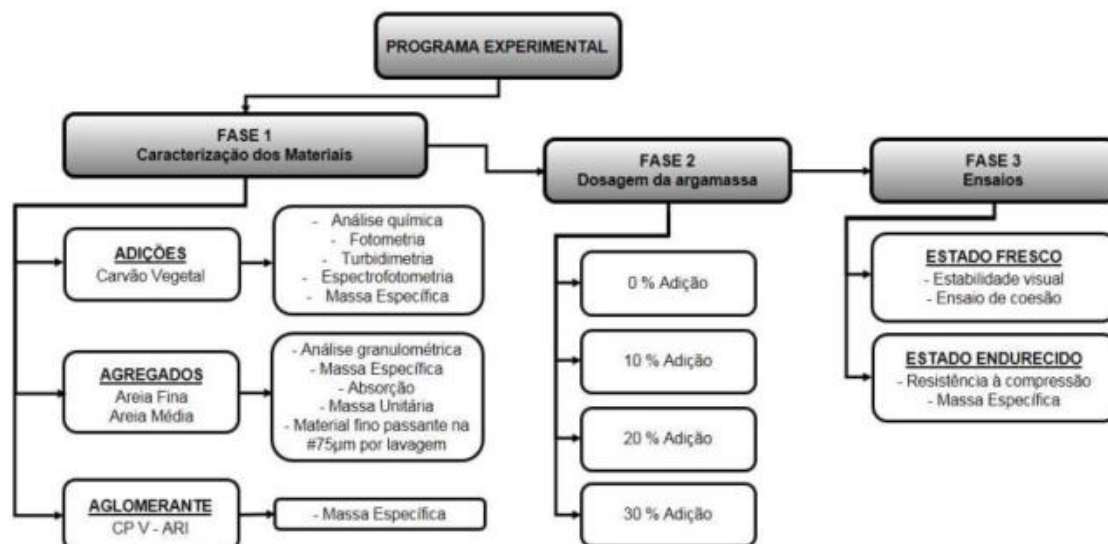


Figura 1. Fases do programa experimental.

A caracterização dos resíduos de carvão vegetal ocorreu no Laboratório de Análise de Solos e a confecção das amostras e os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), campus Passos.

### 2.3. Caracterização do Carvão Vegetal

A caracterização dos resíduos de carvão vegetal foi realizada pela determinação da massa específicas e pelas análises químicas a fim de determinar o percentual dos elementos químicos presentes nos RCV e analisar o efeito da sua incorporação sobre os compósitos cimentícios.

Tabela 1. Composição granulométrica RCV.

Peneira (mm)	MASSA RETIDA (g)	% RETIDA	% ACUMULADA	% PASSANTE
9,5	0,00	0,00	0,00	100,00
6,3	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	44,60	14,87	14,87	85,10
2,36	66,50	22,17	37,04	63,00
1,18	58,40	19,47	56,51	43,50
0,6	41,70	13,90	70,41	29,60
0,3	30,30	10,10	80,51	19,50
0,15	27,80	9,26	89,77	10,50
Fundo	30,70	10,23	100,00	0,30
TOTAL	300,00	100,00		
Diâmetro Máximo Característico (mm)				4,75
Módulo de Finura				3,49

O preparo da amostra consistiu na solubilização em ácido sulfúrico para ensaio de fotometria de chama na determinação de potássio (K) e sódio (Na), calorimetria na determinação de fósforo (P) e boro (Bo), turbidimetria na determinação de enxofre (S), método kjeldahl na determinação de nitrogênio (N), espectrofotometria na determinação de metais pesados e potencial hidrogeniônico (pH).

Os resíduos de carvão vegetal, foram secos e submetidos ao ensaio granulométrico segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os resultados estão apresentados a seguir na Tabela 1. Por se tratar de um material que seria descartado, sem padrão, irregular, este ensaio consiste na caracterização do material encontrado in loco, sem que qualquer tipo de beneficiamento tenha sido realizado.

#### 2.4. Caracterização dos Agregados

Todos os agregados foram provenientes da região de Passos – MG. Foram utilizadas as tipologias de areia fina e de areia média. A escolha destes agregados foi baseada na disponibilidade de materiais da região, para a construção de um esqueleto granular adequado à fabricação das argamassas.

O preparo das amostras obedeceu às recomendações preconizadas pela NBR NM 27 (ABNT, 2001). Os ensaios empregados para caracterização dos agregados obedeceram às recomendações normatizadas pela NBR 7211 (ABNT, 2009).

#### 2.5. Caracterização Cimento CP V – ARI

O cimento Portland utilizado para este trabalho foi o CP V ARI fabricado pela Votorantim Cimentos, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio hidráulicos, ao qual se adiciona durante a operação, de acordo com a NBR 5733 (ABNT, 1991). A escolha deste cimento se deveu ao fato do mesmo ser um produto que tem a peculiaridade de atingir altas resistências nos primeiros dias.

Os dados referentes às características físicas e químicas foram coletados em Boletim Técnico disponibilizado pelo fabricante e podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Boletim Técnico.

Boletim de Ensaios de Cimento															
Produto:		CPV-ARI Obras				Norma:		NBR 5733			Atualizado em:		30/06/2018		
Marca:		Itaú				Unidade:		Itaú de Minas			Mês/ano de ref.:		jun/18		
ENSAIOS	Químicos								Físicos e Mecânicos						
	Teores (%)				Finura (%)		Blaine	Água de consist.	Tempo de Pega		Expansib. A quente	Resistência à comp. (Mpa)			
	PF	MgO	para C <sub>3</sub> S	RI	# 200	# 325	(cm <sup>2</sup> /g)	(%)	Início (min)	Fim (min)	(mm)	1 Dia	3 Dias	7 Dias	28 Dias
<b>Limites de Norma</b>	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 3,5	≤ 1,0	≤ 6,0	N/A	≥ 3000	N/A	≥ 60	≤ 600	≤ 5,0	≥ 14,0	≥ 24,0	≥ 34,0	N/A
21/06/2018	3,98	4,39	3,23	0,74	0,2	0,8	5410	32,80	170	280	1,0	29,40	35,40	39,60	–
23/06/2018	4,15	4,27	3,28	0,50	0,0	0,1	5360	32,10	170	310	0,5	29,00	34,70	39,60	–

Fonte: Votorantim Cimentos S/A (2018).

#### 2.6. Produção das argamassas

A moldagem das argamassas foi realizada tendo o traço de referência adotado de 1 : 1 : 1 : 0,55 (cimento : areia fina : areia média : a/c). Vale salientar que a proporção dos materiais foi determinada pelo teor de argamassa de concretos obtidos em estudos prévios conforme Bortoletto et al. (2017).

A areia fina foi substituída parcialmente pelo RCV nos teores de 0%, 10%, 20% e 30% (em volume), a relação água/cimento e a quantidade de cimento foram mantidas constante para

todas as misturas. Não foi realizado nenhuma compensação de massa dos materiais substituídos. Na Tabela 3 verifica-se as composições das argamassas.

Após a mistura, foram moldados corpos de prova cilíndricos de 5 x 10 cm (diâmetro x altura) conforme as especificações da NBR 7215 (ABNT, 1996). Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas da moldagem e acondicionados em câmara úmida (umidade relativa de 100 % e temperatura ambiente) até as respectivas idades de ensaio.

Tabela 3. Composições das argamassas.

Composições	Proporção dos materiais					Índice de consistência (mm)
	Cimento	RCV	Areia Fina	Areia Média	a/c	
0% RCV	1	0	1	1	0,55	312
10% RCV	1	0,1	0,9	1	0,55	272
20% RCV	1	0,2	0,8	1	0,55	247
30% RCV	1	0,3	0,7	1	0,55	217

## 2.7. Ensaio nas argamassas

*- Densidade dos corpos de prova cilíndricos*

Os resíduos de carvão vegetal são extremamente leves se comparado a um mesmo volume de agregado. A determinação da densidade tem por finalidade verificar se a incorporação RCV influencia na densidade dos corpos de prova.

*- Resistência à compressão axial*

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados segundo as especificações da NBR 7215 (ABNT, 1996). Para cada composição foram utilizados 5 corpos de prova cilíndricos de 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Os corpos de prova foram capeados com enxofre para garantir uma distribuição uniforme do carregamento e o ensaio foi realizado na idade de 28 dias.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1. Análise tecnológica dos rejeitos de carvão vegetal

O laudo das determinações analíticas foi emitido pelo Laboratório de Análise de Solos da UEMG/Passos. Nos resultados da análise química dos resíduos de carvão vegetal, discriminados na Tabela 4. O constituinte determinante é o teor de Cálcio (CaO), no valor de 2,01%, semelhante as cinzas de classe C, oriundo da fabricação do carvão vegetal, as quais tem propriedades pozolânicas e cimentícias, sendo em geral descartada de forma incorreta.

Considerando que as pozolanas, isoladamente, não possuem capacidade aglomerante e necessitam de uma fonte de cálcio, a incorporação desse elemento tende a atender tal demanda (MORETTI, 2018).

Os óxidos K<sub>2</sub>O, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e CaO representam cerca de 50 % do teor de elementos encontrados nas amostras destas cinzas. O teor elevado de alguns dos elementos pode variar em função do tipo de eucalipto cultivado, fertilizantes e herbicidas, além de fatores naturais, tais como clima, solo e água.

Os resultados da composição granulométrica dos resíduos de carvão vegetal realizado segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003) demonstrou-se adequado à substituição da areia fina.

Tabela 4. Análise química do RCV.

<b>RESULTADO ANALÍTICO</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>Carvão Vegetal</b>	<b>Unidade</b>
Nitrogênio Total	0,53	%
Fósforo Total	0,16	%
Potássio Total	1,24	%
Cálcio Total	2,01	%
Magnésio Total	0,23	%
Enxofre (S total)	0,12	%
Boro (Bo total)	0,00213	%
Cobre (Cu total)	0,00187	%
Ferro (Fe total)	0,1626	%
Manganês (Mn total)	0,0990	%
Zinco (Zn total)	0,0044	%
Cromo (Cr total)	0,0070	%
Níquel (Ni total)	0,0054	%
Cádmio (Cd total)	N.D.	%
Chumbo (Pb total)	0,0015	%
Sódio (Na total)	0,2261	%
pH CaCl <sub>2</sub> 0,01M - (Relação 1:5)	7,90	-

### 3.2. Características físicas dos agregados

As características físicas dos agregados finos, ou seja, das areias estão apresentadas na Tabela 5.

Os resultados de massa específica para ambas as normas, NBR 9776 (ABNT, 1987) e NBR NM 52 (ABNT, 2009), não apresentaram diferenças significativas. Sua determinação auxilia no cálculo do consumo de materiais e na determinação do peso próprio da estrutura.

O ensaio de massa unitária, realizado conforme a NBR NM 45 (ABNT, 2006), estabelece a massa real do agregado, pois engloba todos os espaços existentes, os vazios. O fenômeno da massa unitária surge, porque não é possível empacotar as partículas dos agregados juntas, de tal forma que não haja espaços vazios. É através dela que se pode transformar as composições de argamassa e concreto dadas em peso para o volume e vice-versa.

Os resultados de massa unitária solta para os agregados se deu pela média de três determinações, expressos na Tabela 5. De acordo com a classificação do agregado em relação à massa unitária ambas as areias se classificam em agregados normais.

Os resultados para o ensaio de absorção decorrem do processo pelo qual o líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis do corpo sólido. Os valores referentes a absorção das amostras apresentaram coerentes ao estabelecido pela NBR NM 30 (ABNT, 2001), verificando que tal valor influi nas propriedades do agregado, e no aumento da resistência mecânica, pela consolidação das ligações intergranulares.

Com relação ao teor de umidade, valor percentual relacionado à massa de água contida no agregado miúdo, observou-se uma discrepância entre os dados da areia fina para a areia média de 1,01%. Entendeu-se que tal valor pode ser mensurado a fim de reduzir as variações de água do concreto, de maneira a este ser descontado do total de água a ser adicionado ao concreto ou argamassa.

Tabela 5. Características físicas das areias.

Características	Metodologia	Resultados	
		Areia Fina	Areia Média
Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	NBR 9776 (ABNT, 1987)	2,645	2,631
	NBR NM 52 (ABNT, 2009)	2,602	2,603
Massa Específica saturado superfície seca (g/cm <sup>3</sup> )	NBR NM 52 (ABNT, 2009)	2,479	2,496
Massa Específica seca (g/cm <sup>3</sup> )		2,403	2,429
Massa Unitária seca (kg/m <sup>3</sup> )		1411,99	1409,17
Massa Unitária saturada superfície seca (kg/m <sup>3</sup> )	NBR NM 45 (ABNT, 2006)	1500,53	1483,29
Índice de vazios (%)		38,93	37,55
Absorção de água (%)		6,27	5,26
Teor de umidade (5)	NBR NM 30 (ABNT, 2001)	2,208	4,910
Coefficiente de umidade		0,978	0,953
Coefficiente de vazios		0,527	0,524
Módulo de Finura		2,99	2,99
Dimensão Máxima Característica	NBR NM 248 (ABNT, 2003)	1,18	2,36
Material pulverulento (%)	NBR NM 46 (ABNT, 2003)	1,32	0,54

É importante o conhecimento da quantidade de material pulverulento, pois o excesso deste material prejudica a aderência entre a pasta de cimento e a argamassa, além de aumentar o consumo de água devido maior superfície de contato, com conseqüente diminuição da resistência de concretos e argamassas. De acordo com a Tabela 5, os resultados foram satisfatórios para os agregados visto que a NBR 7211 (ABNT, 2009) limita os valores do teor de materiais pulverulentos até 1%.

### 3.3. Propriedades das argamassas

Na confecção dos corpos de prova o traço foi executado conforme proposto, sem alteração. Entretanto, pode-se observar que à medida que se aumentava o teor de substituição do RCV, a mistura adquiria uma coloração mais escura e diminuía-se a trabalhabilidade.

### 3.4. Densidades das argamassas

Os resultados da densidade das argamassas, é a média dos exemplares, com 28 dias de idade, apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Densidade das argamassas.

Composições	0% RCV	10% RCV	20% RCV	30% RCV
Densidade	21078 kg/m <sup>3</sup>	20282 kg/m <sup>3</sup>	17292 kg/m <sup>3</sup>	14419 kg/m <sup>3</sup>

De acordo com as especificações de densidade, as composições com 0% de RCV e com 10% de RCV classificam se como concretos normais. As demais composições classificam com concreto leves, muito inferiores ao limite de 2000 kg/m<sup>3</sup>. O concreto leve, desde que atendida as exigências de resistência, reduz o peso próprio da estrutura, preservando a capacidade de sustentação de carga na mesma.



### 3.5. Resistência à compressão axial

Os resultados de resistência à compressão das argamassas é a média de 5 exemplares para cada composição, ensaiados nas idades de 7 e 28 dias, estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Resistência à compressão axial das argamassas.

TRAÇOS	Resistência à compressão axial (MPa)	
	7 dias	28 dias
0% RCV	23,03	28,03
10% RCV	21,70	29,30
20% RCV	14,03	28,54
30% RCV	7,48	29,30

Na idade de 7 dias, as argamassas 10% RCV apresentaram resultados similares à referência, diferenças de  $\pm 6,0\%$ . Por outro lado, as argamassas 20% RCV e 30% RCV apresentaram uma queda na resistência mecânica, diferença de 64,15% e 207,89% respectivamente, quando comparadas a de referência.

Entretanto, os resultados de resistência à compressão axial aos 28 dias apresentaram resultados satisfatórios para todos os exemplares.

Considerando os valores de resistência mecânica obtidos, pode-se propor que tal tipo de resíduo possa ser incorporado em placas de concreto, blocos de pavimentação, lajes e demais elementos que não exijam resistências tão elevadas.

Os ensaios mostraram que a produção de argamassa contendo RCV apresentaram resistência mecânica em torno de 28 MPa o que mostra ser viável a continuidade de pesquisas com este resíduo para a indústria da construção civil. Além da viabilidade da parte técnica, o estudo poderá abordar também vantagens nos aspectos econômicos e ambientais.

## 4. CONCLUSÕES

Como detalhado durante este trabalho, a utilização dos resíduos provenientes do beneficiamento do carvão vegetal possui potencial utilidade na produção de argamassas cimentícias. O trabalho destaca as possibilidades que podem ser exploradas e reúne dados relevantes para a utilização dos rejeitos do carvão e do aproveitamento dos mesmos. O Brasil pode investir na área de resíduos agroindustriais cuja quantidade cresce a cada ano.

A partir dos resultados obtidos na caracterização físico-química para avaliar a possibilidade de incorporação de rejeitos de carvão vegetal no concreto, pode-se concluir que o cálcio presente nas amostras estudadas, tende a otimizar a capacidade aglomerante das pozolanas. Tais resultados corroboram com pesquisas que confirmam a viabilidade da inclusão destes resíduos que podem contribuir com o aumento de propriedades mecânicas em componentes de base cimentícias.

A incorporação de RCV, desde que nos teores adequados, é uma alternativa viável do ponto de vista técnico.

Os RCV possuem pouco ou nenhum valor comercial e a fabricação de argamassas à base desses, pode agregar valor a um novo produto, além de diminuir o descarte de rejeitos, minimização de passivos ambientais, bem como a contribuição ao desenvolvimento econômico e sustentável

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 7211 – Agregados miúdos e graúdos destinados a produção de concretos de cimento Portland - Especificações. Rio de Janeiro, 2009. 9p.
- ABNT. NBR 7215 – Cimento Portland — Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2009.
- ABNT. NBR 9776 – Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987. 3p.
- ABNT. NBR NM 248 – Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 13p.
- ABNT. NBR NM 26 - Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.
- ABNT. NBR NM 30 – Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.3p.
- ABNT. NBR NM 45 – Agregados – Determinação da massa unitária e volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8p.
- ABNT. NBR NM 46 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6p.
- ABNT. NBR NM 52 – Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6p.
- ABNT.NBR NM 27- Agregados - Redução da amostra de campo para ensaios de laboratório. Rio de Janeiro, 2001. 7 p.
- BORTOLETTO, M; GUIMARÃES, P.V.C.; SILVA, R.G.; AKASAKI, J.L. Avaliação do resíduo cinza da madeira de eucalipto como substituição parcial da areia em argamassas de cimento. *Revista Científica ANAP Brasil*, v. 10, n. 18, p. 80-93, 2017.
- ELIAS, D. S.; SOARES, A. B.; SOUZA, H. P. Aproveitamento de resíduos sólidos – Estudo experimental de misturas de solo e cinza volante de carvão mineral. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO MINERAL, Criciúma-SC, 2017.
- MORETTI, J.P. Incorporação de resíduos agroindustriais em matrizes cimentícias. 2018. 180 p. Tese (Doutorado Estruturas e Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.
- PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibres: A review. *Construction and Building Materials*, v. 25 (2), p. 575-581, 2010.
- POSSAN, E.; FOGAÇA, J. C.; PAZUCH, C.M. Sequestro de CO2 devido à carbonatação do concreto: potencialidades da barragem de itaipu. *REA – Revista de estudos ambientais (online)*, v. 4, n. 2esp, p. 28-38, 2012.
- SELLAMI, A.; MERZOUD, M.; AMZIANE, S. Improvement of mechanical properties of green concrete by treatment of the vegetals fibers. *Construction and Building Materials*, v.47, p. 1117-1124, 2013.
- SILVA, D. A. L.; CARDOSO, E. A. C.; VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; MALINOVSKI, R. A. Análise de viabilidade econômica de três sistemas produtivos de carvão vegetal por diferentes métodos. *Revista Árvore, Viçosa-MG*, v. 38, n. 1, p. 185-193, 2014.
- VENKATANARAYANAN, H. K.; RANGARAJU, P. R. Evaluation of sulfate resistance of Portland cement mortars containing low-carbon rice husk ash. *Journal of Materials in Civil Engineering*, v.26, p. 582-592, 2014.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Ao Laboratório de Análise de Solos e ao Laboratório de Materiais de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), campus Passos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao desenvolvimento da pesquisa.

# WOOD FRAME E ALVENARIA CONVENCIONAL: AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO DE UM AMBIENTE

Camila Rovaris (rovariscamila@gmail.com); Helenice Maria Sacht  
(helenice.sacht@unila.edu.br)

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) - Brazil

**Palavras chave:** Eficiência energética, conforto térmico, Wood Frame, Alvenaria convencional

*Com o objetivo de avaliar o desempenho térmico e energético de paredes em Wood Frame e alvenaria convencional para a cidade de Foz do Iguaçu, simulações computacionais foram realizadas para verificar o consumo energético e temperaturas internas utilizando os dois tipos de vedações verticais, por meio de análise comparativa em uma célula (dormitório) mantendo as condições de orientação de aberturas na direção leste. O tipo de clima do município foi definido pelo zoneamento bioclimático segundo a NBR 15220-3. O modelo base para a célula foi definido de acordo com os parâmetros construtivos do Código de Obras do Município; posteriormente, os parâmetros dos materiais da envoltória e ganhos internos pelo PBQP-H (SINAT) e normas regentes (NBR 15575, NBR 15220 e NBR 6401). Verificou-se que o uso do Wood Frame, apresentou temperaturas mais baixas para os dias típicos de verão e de inverno comparado à alvenaria. As duas técnicas apresentaram valores de temperatura fora da faixa de conforto na maior parte do dia, exigindo resfriamento/aquecimento artificial. Em relação ao consumo de energia, a Wood Frame apresentou economia anual de 21,6% em relação à alvenaria, apresentando-se como uma estratégia passiva para o desempenho energético das residências na cidade de Foz do Iguaçu. Sugere-se a utilização de câmaras de ar, espessuras maiores das camadas e isolantes térmicos na composição, das paredes para melhoria do conforto térmico.*

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, mundialmente representa aproximadamente 40% do consumo anual de energia e até 30% das emissões de GEE relacionadas à energia (UNEP, 2012). A recente preocupação com a otimização energética e melhoria do conforto das edificações tem levado à busca por diferentes estratégias construtivas. Com isso, surge a necessidade de se adotar diferentes estratégias passivas para adaptar a edificação ao clima em que está inserida (KRELLING; HACKENBERG, 2015).

No Brasil, a técnica construtiva mais utilizada para residências é a alvenaria de tijolos, chamada de sistema convencional. Essa técnica é aplicada em 93% de todas as construções em todo o seu território (BME, 2015), no entanto, os diferentes climas do país requerem algumas tecnologias construtivas para melhor desempenho em conforto térmico e consumo energético, visto que desempenho energético de uma edificação está diretamente ligado às características físicas dos materiais utilizados e a adequação climática dos projetos arquitetônicos (LAMBERTS et al., 2011).

Neste contexto, o Wood Frame é uma tecnologia recém-implantada no Brasil e muito utilizada nos países Escandinavos e Norte Americanos. No entanto, no Brasil, o Wood Frame ainda é pouco conhecido e utilizado, devido à falta de conhecimento técnico sobre este sistema, preconceito associado à má utilização da madeira nas construções e também, em alguns casos, por falta de normatização (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010). Apesar de não ser muito empregado na construção brasileira, o Wood Frame possui muitas vantagens

como: geração de uma obra mais limpa e seca com menos resíduos, redução do tempo de obra, utilização de matéria-prima renovável (madeira de reflorestamento), estabilidade de preço da matéria-prima, conforto térmico e acústico ao usuário e resistência da construção (SOUZA, 2013).

Com isso, o objetivo deste estudo é verificar a viabilidade da utilização dessa tecnologia para redução do consumo energético e melhoria do conforto térmico de edificações na cidade de Foz do Iguaçu, por meio da análise de consumo energético e temperaturas internas de um ambiente (dormitório).

## 2. METODOLOGIA

A metodologia constitui em: análise de normas e regulamentos vigentes relacionados à questão energética e conforto térmico; definição do modelo a ser simulado e obtenção das propriedades térmicas das vedações verticais e demais parâmetros para execução das simulações computacionais.

### 2.1. Definição do modelo

Utilizou-se uma célula de dormitório para representar um modelo padrão para a cidade de Foz do Iguaçu-PR, sendo viável para testar apenas a solução construtiva. As dimensões da célula foram adotadas conforme o Código de Obras (FOZ DO IGUAÇU, 1991). A área mínima exigida é  $9\text{m}^2$ , adotou-se as dimensões de  $3\text{m} \times 3\text{m}$  para o ambiente analisado. O pé direito mínimo indicado é  $2,4\text{m}$ , porém, por questões ergonômicas utilizou-se  $2,7\text{m}$ .

Na abertura para ventilação foi considerado o proposto pela NBR 15220 (ABNT, 2005), utilizando 20% da área do piso.

O modelo da célula está apresentado na Figura 1, mantendo a condição de orientação ideal com abertura para a direção leste.

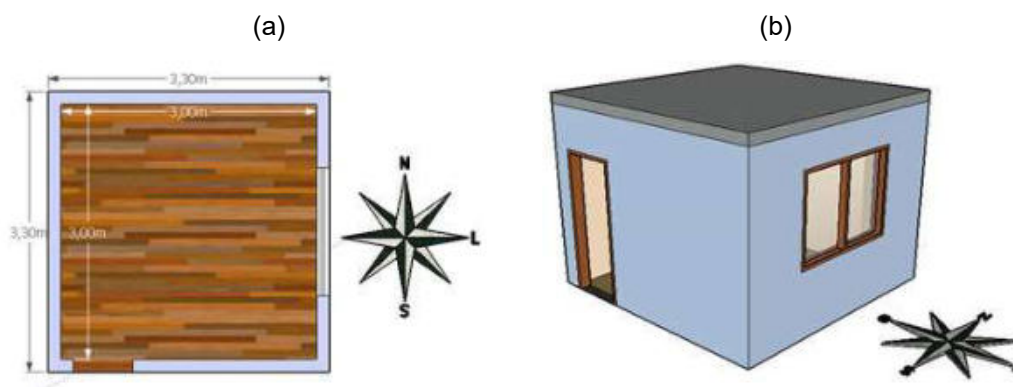


Figura 3 - (a) Planta baixa (b) Representação 3D

### 2.2. Parâmetros para simulações

O programa utilizado para as simulações computacionais foi o DesignBuilder versão 2.9, que é uma interface gráfica para o programa EnergyPlus.

O clima de Foz do Iguaçu caracteriza-se por ser subtropical úmido, com verões quentes e invernos frios. Conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005), a cidade pertence à Zona 3 cujas principais características em termos de vedações verticais são: a transmitância térmica deve ser inferior a  $3,6\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{k}$ , atraso térmico deve ser menor que 4,3 horas, e Fator Solar deve ser inferior a 4,0% (ABNT, 2005b). A seguir são apresentados os parâmetros utilizados:

#### 2.2.1. Envoltória

Para a avaliação da vedação vertical considerou-se o sistema construtivo convencional utilizado na cidade de Foz do Iguaçu (Figura 2a), cujas propriedades seguem a NBR 15220



(ABNT, 2005b). Como comparativo optou-se pela técnica construtiva *Wood Frame* (Figura 2b) com o modelo de parede conforme Brauhardt et al. (2016) e SINAT (PBQP-H, 2017). As propriedades térmicas dos materiais são apresentadas na Tabela 1.

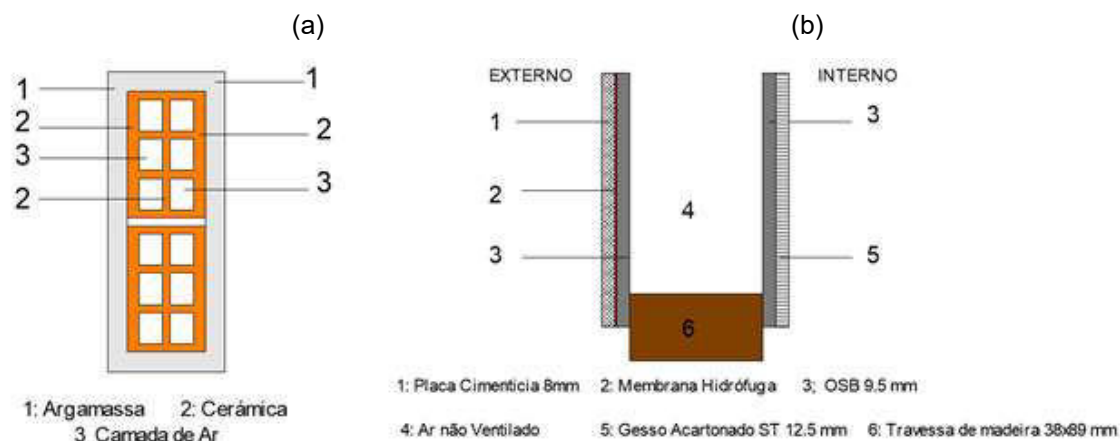


Figura 4. Composição das paredes (a) Alvenaria (b) Wood Frame (ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al., 2016; PBQP-H, 2017)

Tabela 5. Propriedades térmicas dos materiais dos dois tipos de parede

Parede	Material	Espessura (cm)	Condutiv. térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resist. térmica (m <sup>2</sup> /K.W)	Referência
Alvenaria	Argamassa	2,5	1,15	1	0,022	ABNT (2005a)
	Tijolo cerâmico	1,5	0,9	0,92	0,017	ABNT (2005a)
	Camada de ar	3	-	-	0,190	ABNT (2005a)
	Tijolo cerâmico	1	0,9	0,92	0,011	ABNT (2005a)
	Camada de ar	3	-	-	0,190	ABNT (2005a)
	Tijolo cerâmico	1,5	0,9	0,92	0,017	ABNT (2005a)
	Argamassa	3	1,15	1	0,026	ABNT (2005a)
Wood Frame	Placa cimentícia	0,8	0,35	-	0,023	(BRAUHARDT et al. 2016)
	Membrana hidrófuga (Polipropileno)	0,1	0,22	-	0,005	(BRAUHARDT et al. 2016)
	OSB	0,95	0,13	2,3	0,073	(ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al. 2016)
	Camada ar (não ventilada)	8,9	-	-	0,170	Brauhardt et al. (2016)
	OSB	0,95	0,13	2,3	0,073	(ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al. 2016)
	Gesso acartonado	1,25	0,35	0,84	0,036	(ABNT, 2005a; BRAUHARDT et al. 2016)

Foi considerada a mesma composição para piso e cobertura em ambos os casos (Tabelas 2 e 3). No piso não foram consideradas as trocas térmicas com o solo. Na cobertura utilizou-se laje plana impermeabilizada, pois se trata de uma condição desfavorável (SACHT, 2012). Não foi previsto a análise da influência da cobertura no consumo energético e temperaturas

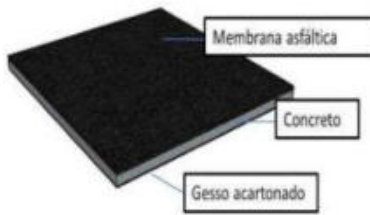
internas, de forma que tal elemento não representasse um diferencial. Nesse caso, analisou-se apenas a influência da vedação vertical.

Tabela 6 - Composição e propriedades térmicas dos materiais do piso

	Material	Espes. (m)	Condutiv. térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resist. térmica (m²/K.W)
	Concreto	0,13	1,75	1	0,074
Madeira	0,02	0,29	1,34	0,069	

Fonte: ABNT (2005a)

Tabela 7 - Composição e propriedades térmicas dos materiais da cobertura

	Material	Espes. (m)	Condutiv. térmica (W/(m.K))	Calor específico (kJ/(kg.K))	Resist. térmica (m²/K.W)
	Concreto	0,10	1,75	1	0,057
Membrana	0,0375	0,23	1,46	0,163	
Gesso	0,0125	0,35	0,84	0,036	

Fonte: ABNT (2005a)

### 2.2.2. Ganhos internos

Considerou-se ocupação de duas pessoas (em repouso), com horários de permanência baseados em Mazzaferro et. al (2015). Os horários de ocupação são indicados na Figura 3 para segunda a sexta-feira. Para os finais de semana e feriados, adicionou-se uma hora a mais para as atividades. O ar condicionado é acionado quando a ocupação é de 100%. A atividade metabólica de duas pessoas em repouso foi de 72 W/pessoa.

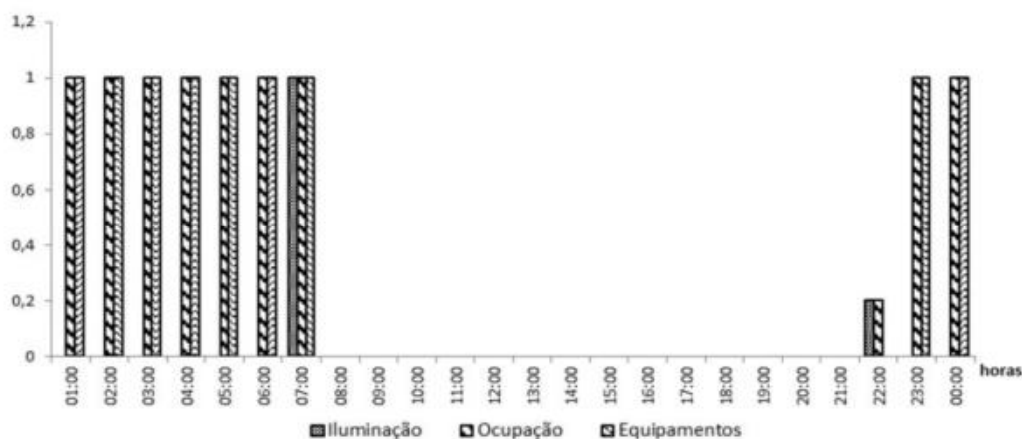


Figura 5 - Perfil de Ocupação (MAZZAFERRO; MELO; LAMBERTS, 2015)

A resistência térmica das vestimentas foi 0,5 clo para roupas leves (verão) e 1,0 clo para roupas de inverno em ambiente interno (BARBIERO, 2004; LAMBERTS, 2016). Não foram considerados outros equipamentos no interior do dormitório, apenas o ar condicionado e iluminação artificial. Para a taxa de renovação do ar, a Portaria 3.523/98 do Ministério da Saúde estabelece 27m³/h, por pessoa (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

A faixa de temperaturas de bulbo-seco de condições de conforto considerada foi de 23 a 25 °C (SILVA, 2004). Foram considerados 10 feriados por ano conforme configuração do software para feriados gerais. Não há disponibilidade de dados de temperatura do chão para Foz do Iguaçu, no entanto, conforme Venâncio [s.d.] é recomendado adotar as médias de temperaturas do ar mensais do município (CLIMATE-DATA.ORG, [s.d.]) subtraindo-se 2°C. Para iluminação adotou-se lâmpada fluorescente (compacta) conforme proposto pela NBR 6401 (ABNT, 1980) o nível de iluminação (300 LUX) e a potência dissipada (30 W/m<sup>2</sup>) conforme Silva (2004). Para o sistema de climatização usou-se aquecimento e resfriamento. O acionamento ocorre conforme temperaturas de conforto, utilizando-se de energia elétrica.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para dia típico de verão entre 23:00 e 6:00, as temperaturas internas para os dois modelos (alvenaria e Wood Frame) são bem próximas (Figura 4). No entanto, durante alguns períodos, a temperatura interna para a célula de alvenaria se eleva em relação à de Wood Frame, chegando a 4,2°C superior às 8:00. Nos horários de radiação solar mais intensa (aproximadamente das 11:00 às 14:00) o uso do sistema Wood Frame indicou valores de temperatura de até 2°C acima comparado à alvenaria.

As temperaturas para as duas técnicas construtivas apresentam-se fora da faixa de conforto térmico durante quase todo o dia, isto é, haverá necessidade de resfriamento artificial para os dois casos. As características climáticas de Foz do Iguaçu pressupõem esse resfriamento. Neste caso, mesmo estando fora da faixa de conforto durante o período de radiação solar mais intenso, o sistema Wood Frame funciona para melhoria do desempenho térmico, reduzindo a temperatura interna.

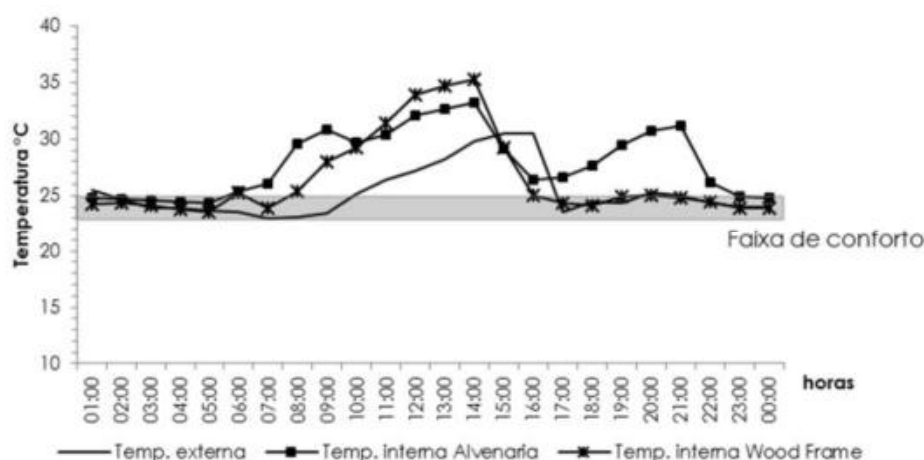


Figura 6 - Temperaturas para dia típico de verão

Para o dia típico de inverno (Figura 5), nota-se que ao longo de todo o dia, as temperaturas internas do sistema Wood Frame são menores em relação ao convencional, com diferença máxima de até 4,5 e 6 °C às 9:00 e às 22:00 respectivamente. Verifica-se que os dois modelos estão fora da faixa de conforto, sendo que a alvenaria se mostrou mais vantajosa neste caso. Tendo em vista o curto período de inverno que ocorre para o clima de Foz do Iguaçu, ainda assim, o uso de vedações do sistema Wood Frame pode ser vantajoso.

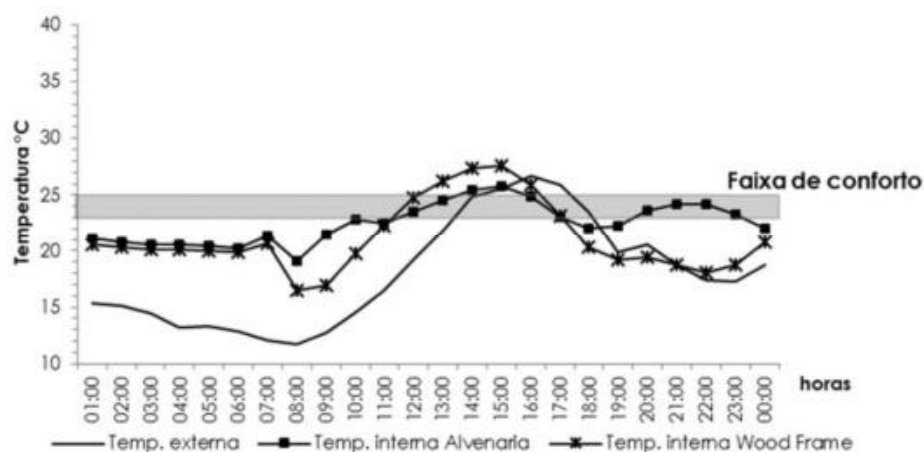


Figura 7 - Temperaturas para dia típico de inverno

Em relação ao consumo de energia elétrica para resfriamento, o uso do sistema Wood Frame apresentou ao longo de todo o ano, valores inferiores (Figura 6). No entanto, nota-se um maior consumo de energia para aquecimento, como era suposto, tendo por base os valores de temperatura observados.

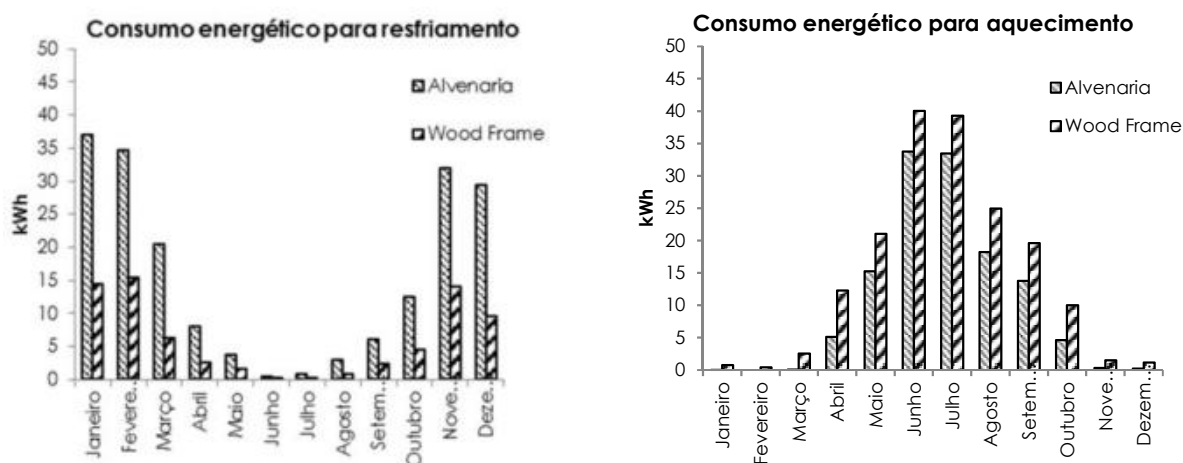


Figura 8 - Consumo anual de energia elétrica – Wood Frame x Alvenaria

De acordo com os resultados, o modelo de alvenaria convencional apresenta um consumo energético anual total de 313,01 kWh e o Wood Frame de 245,54 kWh, este último indica um consumo inferior de 21,6%, representando uma economia de R\$ 52,00 ao ano para essa célula, conforme valor atual de tarifa para modalidade residencial disponibilizado pela COPEL (0,76897 R\$/kWh).

Visto que o modelo utilizado é apenas um dormitório, a economia aparenta ser insignificante, no entanto, se considerado o número de ambientes de uma residência convencional de Foz do Iguaçu, pode ser significativa.

Percebe-se que o uso do sistema Wood Frame pode apresentar-se como uma estratégia para a melhoria do desempenho energético da edificação na cidade de Foz do Iguaçu, onde há maior necessidade do sistema de resfriamento, devido ao número elevado de dias quentes no ano.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados, de forma geral, o uso do sistema Wood Frame apresentou um bom desempenho térmico quando comparado com a alvenaria convencional. No dia típico de verão, as temperaturas internas desse sistema foram menores, permanecendo na faixa

de temperatura de conforto térmico por maiores períodos que a alvenaria convencional. No entanto, para dia típico de inverno, as temperaturas internas do Wood Frame também foram menores.

Em relação às necessidades nominais de resfriamento, o Wood Frame destacou-se pelos valores inferiores, já para necessidades de aquecimento, apresentou resultados superiores. Conforme consumo anual total, o sistema apresenta-se com vantagem em termos de eficiência energética, com uma redução de 21,6% no consumo energético total para o ambiente analisado.

Acredita-se que o Wood Frame possa ser uma opção viável para utilização em vedações verticais de habitações para o clima de Foz do Iguaçu. Para melhor desempenho durante o inverno, pode-se sugerir a utilização de câmaras de ar, espessuras maiores das camadas e avaliação de diferentes isolantes térmicos na sua composição, podendo favorecer o seu desempenho térmico e energético.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6401: *Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto* - Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220: *Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações*. Rio de Janeiro, 2005.a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220: *Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social*, 2005. b.
- BARBIERO, M. *Avaliação das percepções quanto ao ambiente térmico em uma indústria metalúrgica: um estudo de caso*. 2004. Mestrado profissionalizante em Engenharia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BME. *Banco Multidimensional de Estatísticas - PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. 2015. Disponível em: <<https://www.bme.ibge.gov.br/app/adhoc/index.jsp>>. Acesso em: 25 set. 2018.
- BRAUHARDT, B. et al. *Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu*. SBE Series 16 Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, 2016.
- CLIMATE-DATA.ORG. *Clima: Foz do Iguaçu*. [s.d.]. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/879808/>>. Acesso em: 26 nov. 2017.
- CÓDIGO DE OBRAS E EDIFICAÇÕES DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU. *Leis complementar n° 3 data 16 de julho de 1991, 1991*. Disponível em: <<http://www.pmf.pr.gov.br/Portal/VisualizaObj.aspx?IDObj=1218>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
- KRELLING, A. F.; HACKENBERG, A. M. *Influência de parâmetros construtivos na eficiência energética de uma edificação - análise através de simulação computacional*. R. gest. sust. ambient., [s. l.], n. esp., p. 211–232, 2015.
- LAMBERTS, R. et al. *Sustentabilidade nas edificações: contexto internacional e algumas referências brasileiras na área*. Florianópolis.: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- LAMBERTS, R. *Conforto e stress térmico*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico\\_2016.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila%20Conforto%20T%C3%A9rmico_2016.pdf)>.
- MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. *Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do objeto Ground Domain no programa EnergyPlus*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.



- *MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA no 3.523, de 28 de agosto de 1998, 1998. Disponível em: <[http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523\\_28\\_08\\_1998.html](http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html)>. Acesso em: 21 nov. 2017.*
- *MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 143–156, 2010.*
- *PROGRAMA BRASILEIRO DE QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H). Datec n° 20-A: Sistema de vedação vertical leve em madeira.: Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - SINAT, 2017. Disponível em: <<http://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/DATec020B.pdf>>. Acesso em: 1 dez. 2017.*
- *SACHT, H. M. Módulos de Fachada para Reabilitação Eco-Eficiente de Edifícios em Portugal. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, 2012.*
- *SILVA, J. G. Introdução à Tecnologia da Refrigeração e da Climatização. 2. ed.: Artliber, 2004. Disponível em: <<http://folhashop.folha.uol.com.br/introducao-a-tecnologia-da-refrigeracao-e-da-climatizacao-jesue-graciliano-da-silva-8588098172.html#rmcl>>. Acesso em: 21 nov. 2017.*
- *SOUZA, L. G. Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame. Florianópolis: Instituto de Pós Graduação IPOG. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=analise-comparativa-do-custo-de-uma-casa-unifamiliar-nos-sistemas-construtivos-de-alvenaria-madeira-de-lei-e-wood-frame-1335716.pdf>>. Acesso em: 29 nov. 2017.*
- *UNEP SBCI. United Nations Environment Programme. Sustainable Buildings and Climate Initiative: Promoting policies and practices for the built environment. 2012. Disponível em: <<https://europa.eu/capacity4dev/file/13845/download?token=F5gO9LHM>>. Acesso em: 26 nov. 2017.*
- *VENÂNCIO, R. Treinamento para o programa Design Builder: versão 2.0: Laboratório de Conforto Ambiental - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, [s.d.].*

# ESTUDO COMPARATIVO DE ARMADURA CONVENCIONAL VERSUS FIBRA DE AÇO NO REVESTIMENTO DE CONCRETO EM TUBOS DE AÇO

Ricardo Luis Lenz ([Ricardo.lenz@gmail.com](mailto:Ricardo.lenz@gmail.com)); Andrea Parisi Kern ([apkern@unisinós.br](mailto:apkern@unisinós.br));  
Francisco Carlos Tavares ([fcts0705@gmail.com](mailto:fcts0705@gmail.com))

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) - Brazil

**Palavras chave:** Sustentabilidade, Dutos Concretados, Controle de Flutuabilidade, Fibras de Aço.

*A utilização de fibra de aço na construção civil vem aumentando nos últimos anos e melhorado as propriedades do concreto. Fibras de aço já são aplicadas em larga escala no revestimento de túneis, pisos de concreto, reforço estrutural e fabricação de peças pré-moldadas. Em projetos de dutos enterrados de aço, jaquetas de concreto armado são tradicionalmente utilizadas em locais específicos para combater a flutuabilidade negativa (empuxo) e ou proteção mecânica em locais de rocha e cruzamentos de estradas e ferrovias. Este estudo tem por objetivo apresentar os ganhos econômicos e ambientais no processo de substituição da armadura convencional por fibra de aço na execução de diferentes espessuras de jaquetas. A metodologia consistiu em quantificar todos os materiais e recursos envolvidos na execução para os dois métodos e comparar os processos construtivos para diferentes espessuras de jaquetas. Os resultados parciais apontam vantagens na utilização da fibra como diminuição de consumo por m<sup>3</sup> de concreto, aumento de produtividade na execução, qualidade do produto final e principalmente a redução das perdas que são geradas no processo de corte da armadura convencional.*

## 1. INTRODUÇÃO

A fabricação de jaquetas de concreto com reforço de tela soldada sempre foi um gargalo na produtividade em obras de duto. As normas e especificações técnica aplicável à construção e montagem de dutos terrestre sempre direcionavam a utilização da tela soldada como único reforço possível de ser aplicado (NBR 12712, 2002; NBR 15280-1, 2017).

Com a substituição da armadura convencional por fibra de aço, algumas atividades podem ser eliminadas no processo de fabricação, conforme abaixo relacionado.

- Recebimento da tela soldada em rolo ou painéis de 6 x 2,54 m;
- Corte nos tamanhos correspondente a circunferência do tubo onde ocorre naturalmente um desperdícios e geração de resíduos;
- Calandragem para conformação circunferencial que a depender do diâmetro, sobreposição nas emendas;
- Fixação de toda tela ao redor do tubo onde deverá ser instalado previamente um espaçador para fixação da tela e da forma.

Essas atividades aumentam o custo da concretagem de tubos bem como podem comprometer o prazo de execução da atividade e impactar no prazo final do projeto. A substituição da armaura convencional por fibra eliminaria todas as atividades acima relacionadas, além de ganhos na qualidade e meio ambiente. A **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** apresenta um tubo de aço com a armadura já pronta.



Figura 9 - Tubo com armadura convencional, Emissário do COMPERJ

### 1.1. Concreto Reforçado com Fibra

A utilização de concreto reforçado com fibras vem crescendo, podendo ser encontrados em várias aplicações na construção civil, como, revestimento de túneis, pisos de com solicitação de alta resistência de tráfego de veículos e equipamentos pesados, reforço estrutural combinado com vergalhões de aço, tubos de concreto para drenagem, etc.

O primeiro uso estrutural de concreto reforçado com fibras de aço foi em 1971, para a produção de painéis desmontáveis com 65 mm de espessura, que foram aplicados no estacionamento do aeroporto de Heathrow, em Londres, os quais foram inspecionadas 5 anos após e não apresentavam fissuras (METHA; MONTEIRO, 2008).

No mesmo ano, foram realizados ensaios comparando o concreto convencional com concreto reforçado com fibras, para um estudo de estacionamento de aeronaves do aeroporto de Mississipi. O experimento comparou o desempenho de uma laje de concreto reforçado com fibras de 150 mm com uma de concreto convencional de 250 mm, onde o concreto com fibras apresentou o primeiro fissuramento com 350 carregamentos e rompimento com 8.735 carregamento, versus 40 e 950 respectivamente para o concreto convencional (METHA; MONTEIRO, 2008). Nesse experimento, concreto reforçado com fibras apresentou um desempenho melhor, isto é, 8,75 vezes com relação a fissuração e 9,2 vezes com relação ao rompimento, além da redução do volume total de concreto, que é considerado um dos materiais mais poluentes na construção civil por causa do cimento. Uma das características do concreto é a baixa resistência a tração. A Rápida propagação de microfissuras sob tensão aplicada é responsável pela baixa resistências à tração do material. O concreto reforçado com fibras melhora a sua resistência e tenacidade. Um grande volume de fibras curtas pode reduzir a microfissuração, levando ao aumento da resistência e da ductibilidade. Um pequeno volume de fibras longas pode reduzir a microfissuração, causando um aumento significativo na ductibilidade do sistema (METHA; MONTEIRO, 2008).

O tipo de fibra e sua fração volumétrica tem um efeito significativo nas propriedades do concreto reforçado com fibras, e é comum a classificação em função da fração volumétrica (METHA; MONTEIRO, 2008).

- **Baixa Fração Volumétrica (<1%):** tem o objetivo de reduzir a fissuração por retração, geralmente usadas em grandes locais com grande superfície exposta, como por exemplo pisos e lajes, melhorando a distribuição de carga, menor exposição a corrosão e redução do custo de Mão de Obra durante a execução, se comparado com a armadura convencional.
- **Fração Volumétrica Moderada (entre 1 e 2%):** aumento do módulo de ruptura, tenacidade a fratura e resistência ao impacto. Geralmente são usados em concreto projetado e em estruturas que exigem capacidade maior de absorção de energia, lascamento e fadiga.
- **Alta fração volumétrica (>2%):** são usados em compósitos de alto desempenho.

O tamanho da fibra também tem um papel relevante. Grandes volumes de fibras curtas diminuem as microfissuras, já as fibras longas são necessárias para diminuir a microfissuração, sob cargas mais elevadas, mas também compromete a trabalhabilidade da mistura (METHA; MONTEIRO, 2008). Estudos de dosagem de concreto com fibras são necessários para não comprometer a sua trabalhabilidade e resistência final do material.

Existe uma grande variedade de formatos, dimensões e tipos e de fibras no mercado, sendo três tipos mais comuns encontrados no Brasil, dentre elas podemos citar as fibras corrugadas, fibras com gancho, normalmente empregadas para reforço estrutural e as fibras com fios trefilados, as quais apresentam resistência mecânica maior, devido ao formato. Algumas fibras são produzidas com sobras de produção, como é o caso da fibra de aço corrugada, que é produzida a parti do fio chato que sobra da produção de lâ de aço, que são disponibilizadas com um custo mais baixo e menor impacto ambiental (FIGUEIREDO, 2000).

A armadura convencional não pode ser substituída por fibra em aplicações estruturais por questões de segurança, mas em conjunto podem trazer benefícios como melhora da resistência a flexão, resistência ao impacto, desempenho de fadiga, podendo sim reduzir seções e melhorar o desempenho, bem como aumentar a vida útil da estrutura. Projetos (METHA; MONTEIRO, 2008).

## 1.2. Dutos

Os dutos constituem o melhor meio para transporte de fluidos, contudo a construção de oleodutos e gasodutos requer pesado investimento inicial, porém com retorno de capital garantido (CANTO; LOUZADA, 2009). O modal dutoviário é fundamental para o transporte de petróleo e seus derivados e tem a função de ligar as áreas de produção de petróleo ou terminais de recebimento até as refinarias e dessas levar os produtos refinados até a proximidade dos mercados consumidores. É reconhecidamente o meio de transporte mais seguro e econômico para esse tipo de produto (OLIVEIRA, 2016).

De acordo com as (NBR 12712, 2002; NBR 15280-1, 2017), medidas de proteção do duto, como por exemplo, tubo camisa, jaquetas de concreto, aumento da espessura de parede, rebaixamento de dutos em uma maior profundidade ou sinalização indicando a presença de dutos, devem ser adotadas em travessias de rios, áreas costeiras alagáveis, pontes, áreas de tráfego intenso e terrenos instáveis. Ainda, o uso de jaqueta de concreto de no mínimo 38 mm é obrigatório para travessia de rios, lagos e canais conforme item 7.2.11 da norma. As normas recomendam a utilização de armadura para a concretagem de tubos e não trazem nenhuma referência com relação a utilização de concreto com fibras.

O concreto também é usado na proteção de oleodutos e gasodutos, conferindo peso ao sistema para o controle de flutuabilidade em aplicações offshore e outros ambientes úmidos (LEPECH et al., 2010). A execução do revestimento de concreto é dispendioso em termos de tempo e elevado custo de execução e logística diferenciada, tornando os projetos mais demorados, mais caros e com frequentes atrasos no cronograma (SILVA; GARCIA; SILVA, 2007).

A substituição da armadura convencional por fibras de aço proporciona uma redução de atividades e recursos no processo e conseqüentemente uma redução no prazo de execução em razão da mobilidade de lançamento do concreto e da mão de obra desnecessária pela eliminação de atividades no processo de corte e montagem das telas (FIGUEIREDO, 2000).

Os tubos com fibras de aço apresentam menores níveis de fissuração para baixos níveis de deformação, pois as fibras atuam no início do processo de fissuração, visto que estão próximas à superfície da parede do tubo. Nos tubos de concreto com fibras de aço sem a armadura convencional com telas ou vergalhões não é necessário cobrimento mínimo e posicionamento próximo à linha neutra na parte central da parede do tubo de concreto (FIGUEIREDO, 2011).

Na construção da obra do Emissário de Efluentes do COMPERJ, projeto esse executado pela construtora OAS entre 2013 e 2015, foi aprovado, através de uma consulta técnica CT-EMICRJ-OAS-001 (2014) junto com a fiscalização (PETROBRAS) em parceria e suporte técnico da COPPETEC-RJ, para substituição da armadura convencional por fibra de aço, numa quantidade de 30 kg/m<sup>3</sup>.

## **2. OBJETIVO**

Este estudo tem por objetivo apresentar os ganhos econômicos e ambientais no processo de substituição da armadura convencional por fibra de aço, na construção e montagem do Emissário do COMPERJ, projeto esse executado pela Construtora OAS, e apresentar uma relação de consumo de fibra para diferentes espessuras de jaquetas de jaquetas de concreto.

## **3. METODO DE PESQUISA**

Consiste em quantificar as principais variáveis para a concretagem de tubos de 32 pedadas de diâmetro, baseado em produtividades reais alcançados no projeto e valores praticados no período, e elaborar uma curva de consumo de fibra e aço para concretagem de diferentes espessuras de jaqueta de concreto com base nas normas da ABNT e dosagem de fibra ensaiada em laboratório.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As normas e especificações técnica aplicável à construção e montagem de dutos terrestre sempre direcionaram a utilização da tela soldada como único reforço possível de ser aplicado, atividade essa que poderá ser eliminada com a utilização de fibra de aço no lugar da armadura convencional, com um significativo aumento de produtividade.

Para a alteração do método construtivo, e aprovação junto com cliente (PETROBRAS), foram necessários a execução de ensaios em laboratório em placas de concreto e testes práticos com peças em tamanho real, conforme ilustrado nas Figura 9, Figura 10 e Figura 11. Na primeira fase, os resultados demonstram um melhor desempenho do concreto reforçado com fibra e os ensaios de campo com tubo concretado comprovaram os resultados obtidos nos ensaios de laboratório, e deram subsídio para fazer a substituição da armadura convencional por fibra de aço, conforme relatório emitido para Consulta Técnica (OAS, 2014)

Nos ensaios em laboratório foram usadas fibras de aço aspecto 80 e 67, com dosagens de 25, 30 e 35 kg/m<sup>3</sup> de concreto, sendo recomendado o uso de 30 kg/m<sup>3</sup> e a fibra de aspecto 80.





Figura 10 - Fibras de aço (COOPETEC, 2104)



Figura 11 - Armadura Convencional (COOPETEC, 2014)



Figura 12 - Ensaio de dois tubos concretados (OAS, 2014)

O projeto do emissário de Efluentes do COMPERJ, com um total de 45 km de extensão e 32 polegadas de diâmetro, tem um total de 27 km de tubos concretados, com espessuras de jaquetas de 38mm, para proteção mecânica, 110 mm para dutos de espessura de parede de 12,5 mm e 130 mm para dutos com espessura de parede de 9,525 m. O volume total de concreto aplicado nesse projeto foi de 10.000 m<sup>3</sup>, conforme dados levantados no projeto executivo.

#### 4.1. Redução do Custo e Ganhos Diretos

Nesse estudo foram somente analisadas as atividades diretamente envolvidas na execução, na qual foram quantificados os recursos de execução de corte, calandragem e colocação da armadura convencional em volta do duto. As demais atividades, como ganhos no recebimento, armazenagem, apoio a produção com recursos de logística, segurança e meio ambiente não foram considerados na análise.

A redução de mão de obra está representada na Tabela 8, e os índices de produtividade reais, baseados em projetos similares executados anteriormente pela construtora OAS. Para um total de 10.000 metros cúbicos foi possível contabilizar um custo de R\$ 840.226,81 reais. Já no concreto com fibra, essas atividades não são necessárias, sendo a fibra misturada diretamente no caminhão de concreto usinado para a mistura antes do seu lançamento.

Tabela 8 - Custos diretos de MO para armação do tubo

Função	Índice (Hh/kg)	Quantidade e (KG)	Total Hh	Custo (R\$/h)	Custo (R\$)
Armador	0,03	289.170	8675,1	34,08	295.647,41
Ajudante	0,075	289.170	21687,75	25,11	544.579,40
<b>Total</b>					<b>840.226,81</b>

Já com relação ao material, armadura versus fibra de aço, o custo do material foi maior, um total de R\$ 668.209,50 reais, conforme demonstrado na Tabela 9. A dosagem de fibra

recomendada no estudo foi de 30 kg/m<sup>3</sup> de concreto e a armadura usada foi a tela soldada Q196 com peso de 3,11 kg/m<sup>2</sup>, conforme recomendação mínima de norma.

Tabela 9 – Custo de Armadura versus Fibra de Aço

Material	Peso (kg/m)	Extensão (m)	Custo (R\$/h)	Custo (R\$)
Armadura	11,4	27.000	5,60	1.723.680,00
Fibra	10,71	27.000	3,65	1.055.470,50
<b>Diferença Material</b>				668.209,50

Dessa forma, apesar do custo maior da fibra de aço, comparado com a armadura convencional, foi possível contabilizar um ganho de R\$ 172.017,31 reais com utilização da fibra, devido a eliminação de atividades necessárias no processo convencional.

A variação de espessura das jaquetas de concreto, altera a taxa de armadura versus fibra, isto é, quanto maior a espessura de concreto menor será o consumo de armadura por metro cúbico, conforme demonstrado no gráfico da Figura 13. A espessura necessária para a jaqueta de concreto é definida, em função da espessura de parede do duto, meio de imersão e densidade do concreto principalmente.

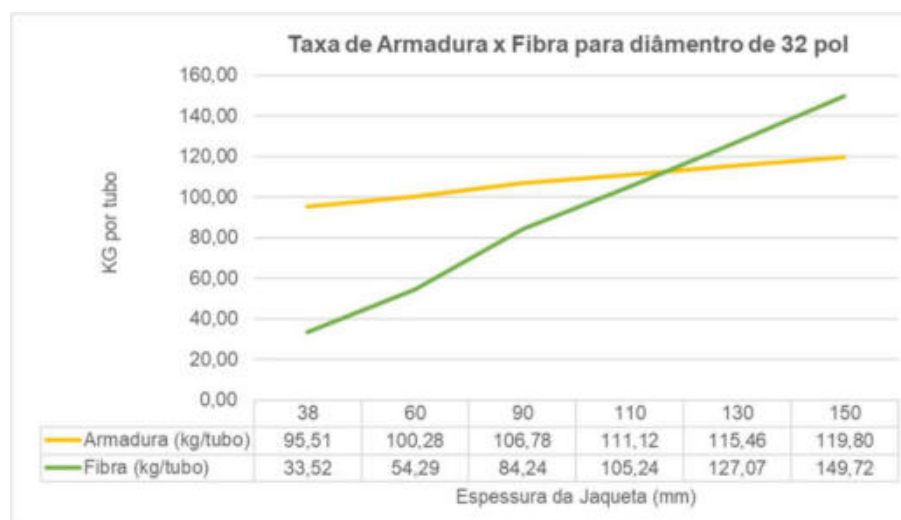


Figura 13 – Consumo de armadura e fibra para diversas espessuras de jaqueta

Para diâmetros menores, a taxa de armadura irá aumentar devido a sobreposição, conforme definido pela norma, nas emendas longitudinais. Isso também pode ocorrer quando o diâmetro do duto é muito grande, onde serão necessário a execução de duas transposições, ou mais, de armadura para um melhor aproveitamento dos painéis.

O estudo de custo para comparar os dois sistemas, não considerou as perdas de corte da armadura convencional, que além gerar um resíduo ou um co-produto, gerou um custo adicional no processo de compra. Essa perda não ocorre na utilização de fibra, que apesar do custo unitário maior, ainda demonstra vantagens no processo como um todo.

#### 4.2. Redução do Custo e Ganhos Indiretos

Com a redução de 30.363 horas do Hh, conforme Tabela 8, necessário para a execução do corte e armação, podemos mencionar os seguintes efeitos positivos na utilização de fibras de aço:

- Menor número de horas de exposição ao risco;
- Menor tempo de permanência da equipe de concretagem;
- Menor custo das obrigações sociais e encargos nas rescisões contratuais;

- Melhor índice de produtividade da equipe de concretagem;
- Redução do prazo da atividade.
- Com a redução de 7.500 kg de tela resultante de perdas no corte e aparas, podemos mencionar os seguintes efeitos positivo:
- Economia custo R\$ 27.375,00 (=7.500kg x R\$/kg 3,65);
- Menor prazo de locação de containers para resíduos metálico;
- Menor quantidade de matéria prima utilizada;
- Menor geração de resíduo metálico e custo para destinação;
- Menor impacto ambiental.

## 5. CONCLUSÃO

A utilização de fibra de aço na concretagem de tubos trouxe benefícios para o projeto em questão, com a redução de custo, prazo, qualidade e impactos ambientais.

Vale ressaltar, que são necessários mais estudos relacionados dosagem de concreto com fibra, visando otimizar o consumo por metro cúbico de concreto e assim buscar uma melhor relação de consumo entre a fibra e armadura convencional principalmente, para jaquetas com espessuras acima de 110 mm, geralmente empregadas em dutos de grandes diâmetros.

A melhoria da qualidade do concreto com fibra, principalmente com relação a resistência acabou reduzindo o número de tubos danificados, pois houve uma menor quantidade de deslocamento nas atividades de movimentação de tubos, transporte e abaixamento do duto na vala, conseqüentemente, um índice de perdas e retrabalhos menores.

Outras metodologias de controle de fluabilidade deverão ser analisadas, pois as mesmas podem gerar vantagens econômicas e ambientais, como por exemplo o uso de tirantes, geotêxteis, e agregados reciclados. A substituição dos agregados por um de densidade maior, como por exemplo de minério de ferro, para reduzir a espessura da jaqueta e reduzir o impacto ambiental do sistema.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANTO, Carlos Henrique; LOUZADA, Mello. *Projeto Mecânico de Dutos Terrestres*. In: FREIRE, José Luis de França (Org.). *Eng. Dutos*. 1a ed. Rio de Janeiro: ABCM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CIENCIAS MECÂNICAS, 2009. p. 9.1 9.37.
- FIGUEIREDO, ANTONIO DOMINGUES. *Antônio Domingues de Figueiredo*. 2000.
- FIGUEIREDO, Antonio domingos de. *Concreto Reforçado Com Fibras*. Livre Docência, p. 246, 2011.
- LEPECH, Michael D et al. *mproving Concrete For Enhanced Pipeline Protection*. . [S.l: s.n.], 2010
- METHA, P. Kumar;; MONTEIRO, Paulo J.M. *Concreto - Microestrutura, Propriedades e Materiais*. [S.l: s.n.], 2008.
- NBR 12712. *Projeto de sistemas de transmissão e distribuição de gás combustível*. . Brasil: [s.n.], 2002
- NBR 15280-1. *Dutos Terrestres Parte 1: Projeto*. . Brasil: [s.n.], 2017
- OAS. CT-EMCRJ-OAS-001 - *Substituição da Armadura de Tela Soldada (Q196 - GERDAU) por Fibra de Aço Aspecto 80 nas Jaquetas dos Tubos Concretados*. . Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.], 2014
- OLIVEIRA, Fernando Nascimento. *E&G Economia e Gestão*, Belo Horizonte, v. 16, n. 45, Out./Dez. 2016 32. p. 32–57, 2016.
- SILVA, Flávio Alexandre; GARCIA, Jorlando Correia; SILVA, Rildo Cambui. *OTIMIZAÇÃO DO USO DE REVESTIMENTO DE CONCRETO COMBATER A FLUTUAÇÃO DE GASODUTOS*. 2007, Rio de Janeiro: IBP, 2007. p. 1–8.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# EVALUACIÓN TÉRMICO-ENERGÉTICA DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDA SUSTENTABLE CON MATERIALES RECICLADOS

*Halimi Sulaiman (halimi.sulaiman@gmail.com); María Paz Sánchez Amono (arq.mpsa@gmail.com); Rosana Gaggino (rgaggino@ceve.org.ar); Lautaro Oga Martínez (lautaro.ogamartinez@gmail.com)*

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) - Arg.

**Palabras clave:** simulación térmico energética, diseño bioclimático, envolventes, residuos reciclados

*La arquitectura satisface la necesidad humana de tener un lugar apropiado de morada, pero ocasiona un fuerte impacto ambiental. Las tecnologías empleadas en la construcción generan contaminación y agotamiento de los recursos naturales. Por este motivo, se propone como alternativa desarrollar sistemas constructivos amigables con medio ambiente, en los cuales se utilizan como materia prima residuos reciclados en conjunción con el diseño bioclimático arquitectónico de vivienda social.*

*En este artículo se presenta el diseño y simulación térmico energética mediante software ECOTECT de un prototipo de vivienda social sustentable llamado FADIPEV de 65 m<sup>2</sup> con el Año Típico Meteorológico de la ciudad de Córdoba, Argentina (31°25'00"S 64°11'00"O SNM474m).*

*Se analizó FADIPEV utilizando cerramientos con placa BENO PET y sistema constructivo tradicional de madera con tejas en la cubierta de techo. Ambas tecnologías son desarrollos en el CEVE (Centro Experimental de la Vivienda Económica) y están elaboradas con materiales reciclados. Estos sistemas son sustentables, de rápida construcción y bajo costo. La localización de la evaluación pertenece a la Zona Bioclimática IIIa. Además de satisfacer las recomendaciones de las Normas IRAM 11605 para nuevos sistemas constructivos, tanto la cubierta de tejas, como la placa BENO PET cumplen con los requerimientos exigidos en Nivel B (La transmitancia térmica K del cerramiento con placas de BENO PET es de 0,66 W/m<sup>2</sup>.K y el de la cubierta con tejas es de 0,47 W/m<sup>2</sup>.K).*

*Se evalúan y comparan los principales resultados de simulación con la misma vivienda bioclimática construida con sistema tradicional para determinar el porcentaje de ahorro energético anual.*

*Los resultados alcanzados permiten afirmar que el conjunto de diseño bioclimático y estas envolventes sustentables, logran un ahorro energético entre un 35 y 44 %, dentro del rango de confort adaptativo y encendido de los equipos de climatización de 18°C a 26°C.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Los costos energéticos sumados a la alta inflación en Argentina requieren de respuestas inmediatas en tecnologías constructivas eficientes energéticamente con sobrecosto por ganancia solar y conservación amortizable en un periodo aceptable (Sulaiman et al., 2017).

A nivel mundial, los edificios representan aproximadamente el 40% de consumo energético y un tercio de emisiones globales de gas de efecto invernadero (GEI) (Nejat et al. 2015). Una importante proporción de la utilización de la energía se debe a calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en respuesta a la creciente demanda de un mejor confort térmico dentro del entorno construido (Lam et al. 2014).

Según el último censo nacional de población (INDEC, 2010), el 83,1% de la población del país vive en viviendas unifamiliares aisladas y esta tipología representa el 73,4% del total. Por ello, es fundamental dar respuestas de fácil instrumentación orientada a la aplicación masiva de las propuestas en viviendas unifamiliares.

El diseño de edificios bioclimáticos y el desarrollo de tecnologías de envolvente de edificios de bajo consumo energético han estado recibiendo gran atención en los últimos años por parte de las productoras de materiales de construcción, investigadores, arquitectos, ingenieros en climatización y organismos de normalización. El diseño bioclimático ha sido ampliamente identificado como una de las estrategias más eficaces para disminuir la demanda de energía en la construcción (Tejavathu et al., 2010; Lam et al., 2006; Badescu, 2011; Sadineni et al. 2011). Estos son capaces de utilizar menos energía convencional mediante el equilibrio entre las pérdidas y las ganancias de calor con respeto a las condiciones climáticas particulares de la ubicación de los edificios. Una aplicación adecuada del diseño bioclimático implica varios aspectos del diseño del edificio. Omrany y Marsono (2016) determinan y analizan el impacto en el ahorro energético de 8 variables del diseño bioclimático: aislamiento, masa térmica, vidriado, ventana, tamaño, forma y posición, color del exterior, superficies, dispositivos de protección exterior, orientación y forma de construcción. Los autores demuestran que, el uso de estrategias bioclimáticas en el sector de la construcción mejora la sostenibilidad principalmente mediante la mitigación de los impactos ambientales negativos de los edificios optimizando su rendimiento energético.

A su vez existen numerosos sistemas constructivos nuevos y materiales más sofisticados que dan soluciones específicas a problemas como resistencia mecánica, impermeabilidad, aislación térmica, fácil colocación, mono componentes con varias funciones simultáneas, etc. El diseño de nuevos materiales es un campo de alto crecimiento donde incluso la creatividad intenta reciclar, re usar y reutilizar materiales de desecho. Teniendo los objetivos definidos (energía, bajo impacto ambiental, costos competitivos) es posible desarrollar propuestas de sistemas constructivos sumados al diseño bioclimático que alcancen el 50% de ahorro energético con costos accesibles (Sulaiman et al., 2017).

El mundo produce alrededor de 1500 millones de toneladas anuales de residuos. En la mayoría de las grandes ciudades de Argentina se produce 1 kg. de basura por persona por día, siendo la producción total anual de residuos sólidos urbanos de nuestro país 14.094.110 ton (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina, 2017). Del total de los RSU un 13,3 % (en peso) corresponde a los plásticos (CEAMSE, 2017), lo cual equivale a 1.874.516 ton anuales. Dentro de los plásticos, el polietileno tereftalato -PET- que constituye la materia prima de las botellas descartables de bebidas, representa el 4,7 %, lo cual equivale a 88.102 ton anuales. Por otra parte, el polietileno de baja densidad -LDPE- que constituye la materia prima de bolsas, caños, bidones y silobolsas, representa el 42,6 % del total de los plásticos, lo cual equivale a 787.296 ton anuales. En nuestro país el porcentaje de reciclado es muy bajo, no supera el 10 %, a diferencia de otros países de Europa como España, Suiza y Francia, y otros de Latinoamérica como Brasil y México, los cuales están más adelantados en cuanto a la conciencia ecológica.

En Argentina, toneladas anuales de neumáticos fuera de uso son desechados en vertederos no controlados o se los elimina mediante quema directa, lo que produce emisiones de gases nocivos para el entorno. Según lo informado por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), “Se estima que en nuestro país la generación de neumáticos fuera de uso supera las 100.000 toneladas anuales” (INTI, 2010). El problema que generan los neumáticos en los basurales es el gran volumen que ocupan y el largo tiempo de degradación (600 años aproximadamente), creando un hábitat propicio para la proliferación de mosquitos transmisores del dengue y roedores.



Por todo esto es que se sostiene que, para aumentar aún más la aplicación de dichas estrategias en la industria de la construcción, es necesario un cambio en la mentalidad arquitectónica. Se deberían integrar meticulosamente al diseño y construcción, especialistas en cuestiones de energía e impacto ambiental. Además, el concepto de edificio bioclimático requiere ser apoyado por las regulaciones de construcción a través de diferentes programas de incentivos, regímenes obligatorios y alentar a los profesionales a utilizarlo.

La propuesta pretende acercarse lo más posible a un sistema constructivo sustentable, de rápida construcción, con costos bajos y amigable con el medio ambiente, mejorando la calidad higrotérmica interior de las viviendas sociales y un diseño arquitectónico flexible que pueda responder a los requerimientos de sus usuarios. La metodología consistió en adaptar el prototipo de vivienda social tradicional previamente diseñado y evaluado en otros contextos (Sulaiman y Lara, 2018) a dos sistemas constructivos del CEVE.

Los principales resultados son: la evaluación de las características del diseño bioclimático del prototipo de vivienda FADIPEV en cuanto a compacidad, aberturas, orientación, asoleamiento y ventilación natural; a través de simulación horaria anual con Año típico meteorológico en clima templado cálido con gran amplitud térmica en un contexto de altas posibilidades de aplicación masiva propuesta con tecnologías de construcción productos de residuos reciclados. Resumiendo, la alta eficiencia económico energética y ambiental de la propuesta tecnológico-arquitectónica en zona bioclimática altamente poblada.

## 2. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar la performance térmico - energética de un prototipo bioclimático de vivienda social (FADIPEV) modelado en el software ECOTECT con tecnologías constructivas de materiales reciclados desarrolladas en el CEVE en el contexto climático y de costos energéticos de Córdoba Argentina. Para la determinación del ahorro energético se compara la propuesta con una tecnología tradicional evaluando la distribución de las condiciones térmicas interiores, los consumos energéticos de climatización y sus costos anuales asociados de aire acondicionado y calefacción.

## 3. METODOLOGIA

La metodología comprende las siguientes etapas:

1. Basados en desarrollos previos se adapta el diseño de vivienda social tradicional realizado para el Instituto Provincial de la Vivienda de San Juan FADIPEV a las necesidades climáticas de la Ciudad de Córdoba con estrategias de protección y ganancia solar.
2. Se calculan las características térmicas de transmitancia, admitancia, amortiguamiento, retardo etc. de los sistemas BENOPEY y cubierta tejas de material reciclado para modelar los materiales para simulación dinámica con el software ARUP (2017).
3. Se utiliza el Año Típico Meteorológico basado en mediciones del Aeropuerto Taravella, Ciudad de Córdoba (Crawley, 2017).
4. Se modelan en el software de simulación dinámica ECOTECT (2011) la vivienda con las tecnologías propuestas (Caso CEVE) y un caso BASE con materialidad tradicional de vivienda social en Córdoba.
5. Se validan las propuestas en cuanto a las condiciones térmicas interiores analizando la distribución anual horaria de las temperaturas en todas las zonas isohigrotérmicas del modelo simulado.
6. Se comparan los consumos energéticos de ambos casos, tanto en refrigeración como calefacción.

7. Se compara el valor económico estimado consumido anualmente de electricidad (refrigeración) y de gas natural (calefacción) por climatización y se determina el porcentaje de ahorro energético potencial. Los valores unitarios de energía corresponden al mes de setiembre de 2018 de la Ciudad de Córdoba.

#### 4. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR Y PROYECTO TÉCNICO ARQUITECTÓNICO SUSTENTABLE

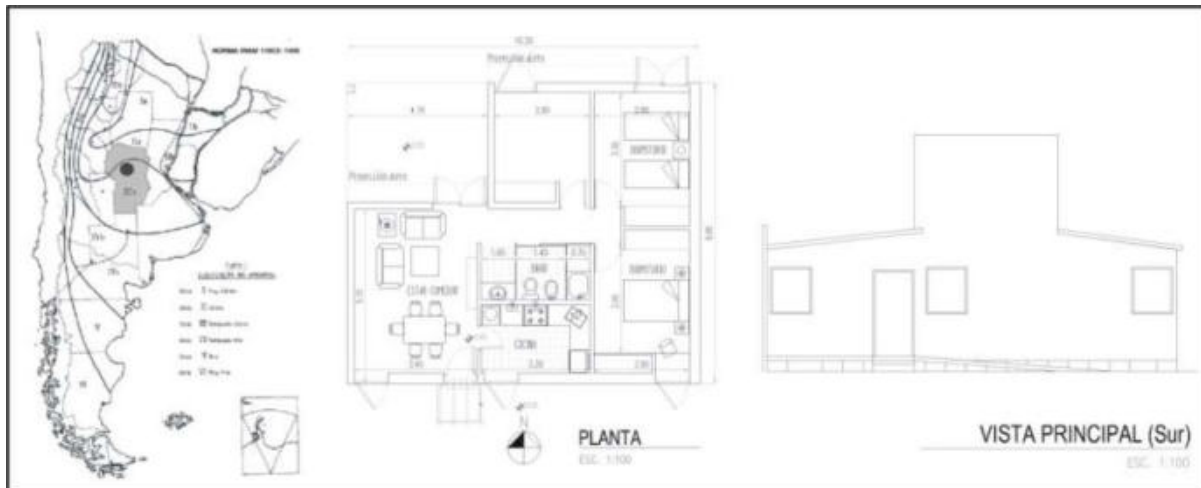


Figura 1. Mapas de zonas Bioclimáticas según la IRAM 11603. Planta vista FADIPEV.

La ciudad de Córdoba se encuentra en el centro del país en la zona bioclimática IIIa según la Norma IRAM 11603. Se caracteriza por tener un clima templado cálido con grandes amplitudes térmicas. Se utilizó el año típico meteorológico la simulación horaria anual como recomienda la bibliografía (Crawley, 2017)

Para llevar adelante el trabajo se tomó como caso de estudio el prototipo de vivienda FADIPEV diseñado con las siguientes pautas bioclimáticas: compacidad, porcentaje de aberturas, orientación, asoleamiento invernal, protección mediante aleros y pérgolas y ventilación natural, apareada, capacidad de ampliación en planta baja y alta y futura división en unidades rentables independientes (Sulaiman y Lara, 2018). Se adaptó el prototipo de vivienda social tradicional hecho para el IPV de San Juan (FADIPEV) a dos sistemas constructivos desarrollados en el CEVE, los cuales poseen patente y Certificado de Aptitud Técnica (Berretta et al, 2007; Berretta et al, 2008; Gaggino et al, 2010).

En base a las nuevas exigencias obligatorias para la Certificación de Aptitud Técnica para sistemas no convencionales y teniendo en cuenta los desarrollos anteriores de BENO y ladrillo PET se diseñó en base a cálculos de transmitancia térmica (K) y verificación a la condensación el muro de BENO PET modificando sus capas para lograr resultados satisfactorios en cuanto al K.

La cubierta de techos de esta vivienda está ejecutada con tejas elaboradas con materiales reciclados procedentes de desechos industriales plásticos y de neumáticos fuera de uso (polietileno y caucho reciclados). Su desarrollo fue realizado en el instituto de investigación CEVE. El procedimiento de elaboración de estas tejas consiste en el triturado de los materiales, la extrusión de los mismos, y el moldeado en una prensa. Las tejas se ubican sobre una estructura de madera de tipo tradicional. Estas tejas son más resistentes a la flexión, a la heladicidad y al granizo que las tejas tradicionales como la cerámica o la de hormigón y además son más livianas. Ver figura 2. (Gaggino et al, 2016). Está en gestión la Patente de invención nacional de este componente, (Gaggino et al, 2015). Ya obtuvo el Certificado de Aptitud Técnica (Gaggino et al, 2018).

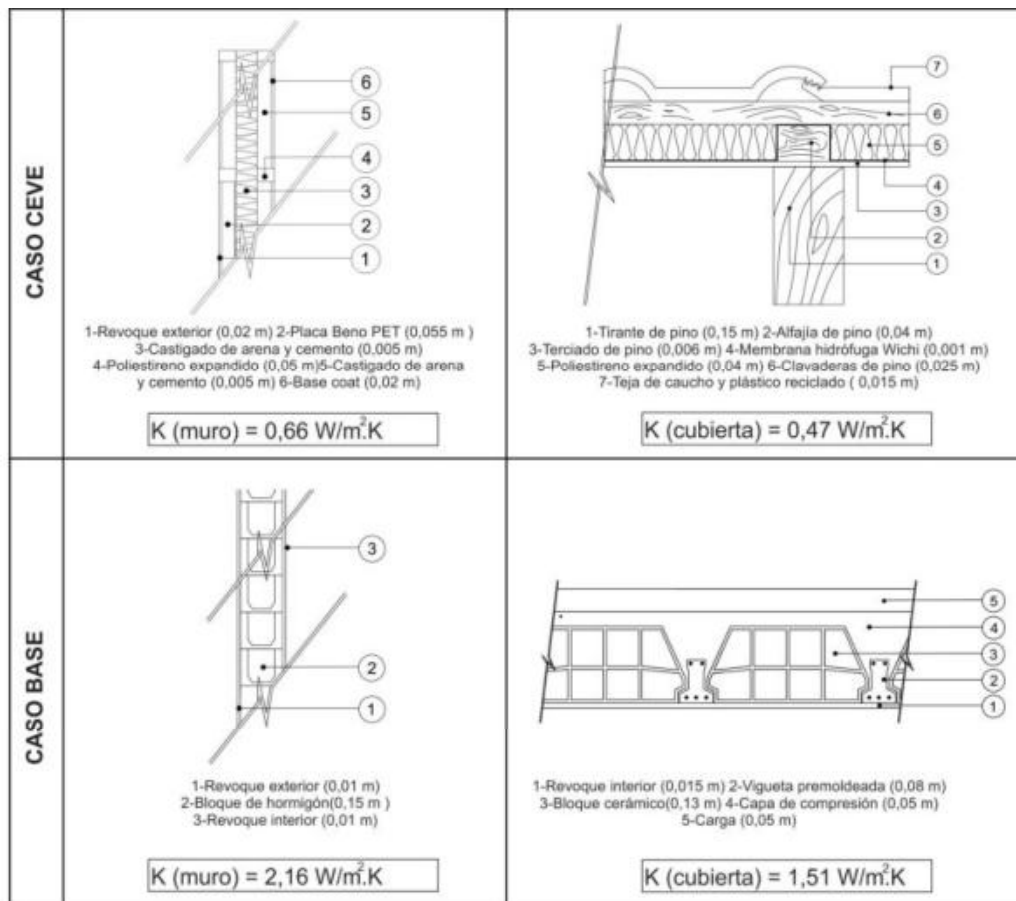


Figura 2. Detalles constructivos y transmitancia térmica en W/m<sup>2</sup>°K de caso BASE y CEVE.



Figura 3. Fotos de los sistemas constructivos del CEVE evaluados.

Los muros de este prototipo están contruidos con placas fabricadas con ladrillos de plástico PET, cuyo desarrollo también fue realizado en el instituto de investigación CEVE. Los ladrillos con plástico PET reciclado son un componente para muros exteriores e interiores elaborados con una mezcla de partículas de plástico PET procedente de envases descartables de bebidas, ligadas con cemento Portland y aditivos, que se moldea con una máquina manual rodante. Es un ladrillo más ecológico que otros tradicionales existentes en el mercado porque su materia prima principal está constituida por residuos plásticos reciclados. Además, la producción del ladrillo macizo de tierra cocida, utilizado habitualmente en mamposterías, a partir de la extracción de la capa de tierra superficial fértil (humus), y su posterior cocción en grandes hornos a cielo abierto, produce desertificación del suelo, contaminación atmosférica (por el humo generado), y tala de árboles para obtener

la leña necesaria para el funcionamiento del horno. Desde el punto de vista técnico el ladrillo de PET se destaca también en lo que respecta a liviandad y aislamiento térmico.

## 5. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados más relevantes de la simulación para determinar la performance térmico -energética de la vivienda social bioclimática FADIPEV. Los resultados se presentan en los dos casos llamados: Caso BASE, con tecnología convencional y caso CEVE, con techo de tejas de material reciclado y mampostería de BENO PET. Dado que la estrategia metodológica es comparativa, cada figura incluye los resultados de ambos casos.

Si bien los resultados de la simulación son muy completos y detallados, los siguientes son aquellos que, a criterio de los autores, de modo más sintético muestran las diferencias más relevantes entre ambas tecnologías. Se destaca que el diseño bioclimático de la vivienda FADIPEV, en cuanto a estrategias pasivas de diseño sumado a un usuario consiente ya disminuyen considerablemente el consumo energético del caso tradicional respecto a una vivienda real tradicional. Aspectos como proporción de ventanas, ventilación selectiva nocturna y asoleamiento invernal, protección solar estival, orientación, adyacencias de zonas internas, proporciones y volúmenes de aire interior, etc., no suelen ser condicionantes del diseño y ubicación de las viviendas sociales masivas de modo general.

La figura 4 muestra las volumetrías de la vivienda en los dos casos tanto para verano como invierno donde se observa el correcto asoleamiento/protección solar de la vivienda y el cambio de color de la teja de caucho respecto a la cubierta del caso BASE.

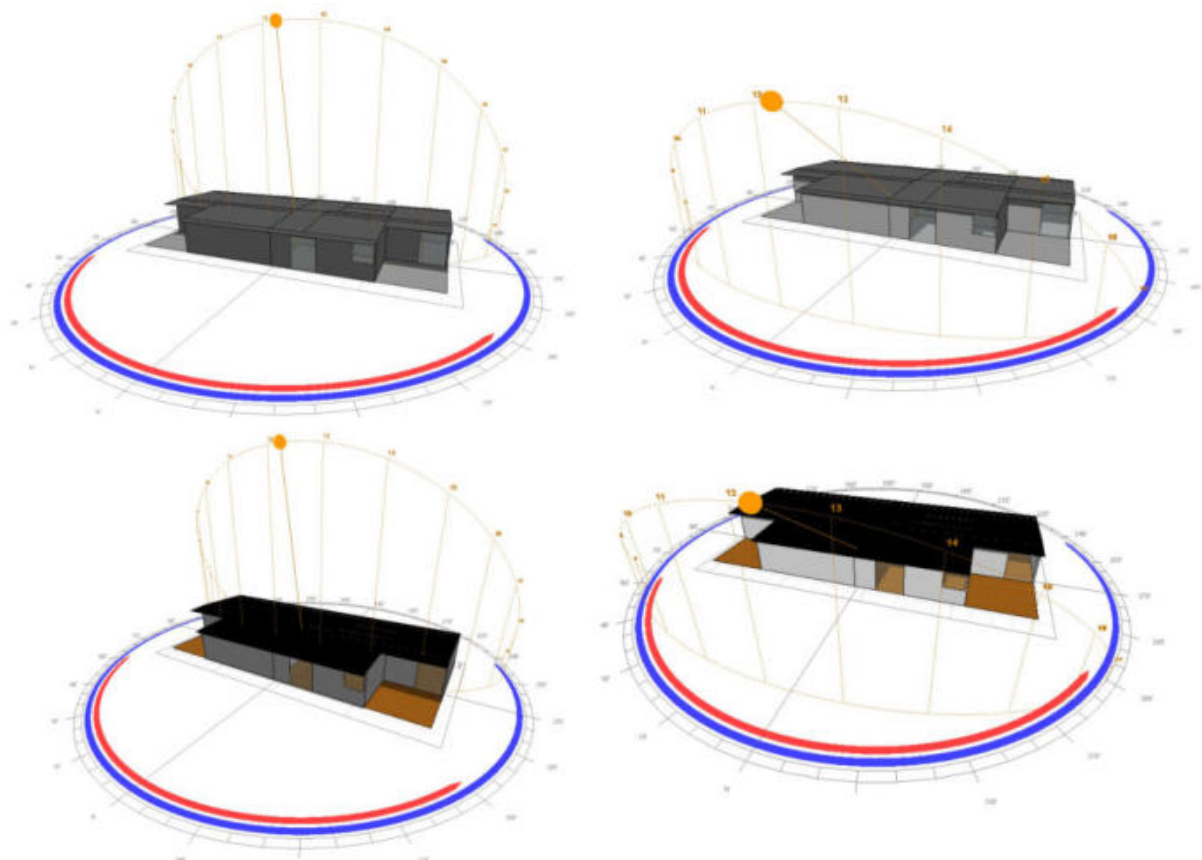


Figura 4. Volumetrías del caso BASE (superior) y CEVE (inferior) el 1ro de enero y 1 ro de julio a las 12:15 hs respectivamente.

La figura 5 presenta la Distribución de temperaturas interiores en todas las zonas isohigrotérmicas interiores de la vivienda como, por ejemplo, estar comedor, dormitorio sur, dormitorios norte, etc. El eje Y de la figura muestra la cantidad de horas del año que las condiciones de temperatura se encuentran en un determinado valor. El sector coloreado en blanco es la zona de confort y en degrade el rango adaptativo hasta paulatinamente entrar en desconfort por frío (azul) o calor (rojo). El eje X presenta las temperaturas operativas interiores considerando la actividad de las personas de acuerdo a la zona (perfil de uso, metabolismo, cantidad de personas, vestimenta, etc.) así como las cargas internas por cocción y equipamiento.

La figura 6 muestra los consumos mensuales de energía auxiliar en los casos BASE (superior) y CEVE (inferior), de refrigeración en negativo (azul) y calefacción en positivo (rojo) totales de cada caso. Los colores interiores de la barra corresponden a las diferentes zonas interiores de la vivienda, donde se destacan los consumos del estar comedor en refrigeración. Cabe aclarar que la zona dormitorios 2 son dos dormitorios considerados una sola zona por ser isohigrotérmica y por tanto el consumo por dormitorio es similar al dormitorio 1 color marrón oscuro. Por último, en la Tabla 1 se presentan los valores numéricos por zona y total de consumos de Heating (H) y Cooling (AC). El costo unitario de energía corresponde a setiembre de 2018 en la Ciudad de Córdoba. El análisis gráfico y de tablas de consumos son una herramienta de diseño técnico arquitectónico muy valiosa, al igual que la distribución de temperaturas. A continuación, se analizan los resultados y se proponen mejoras de diseño para futuras evaluaciones.

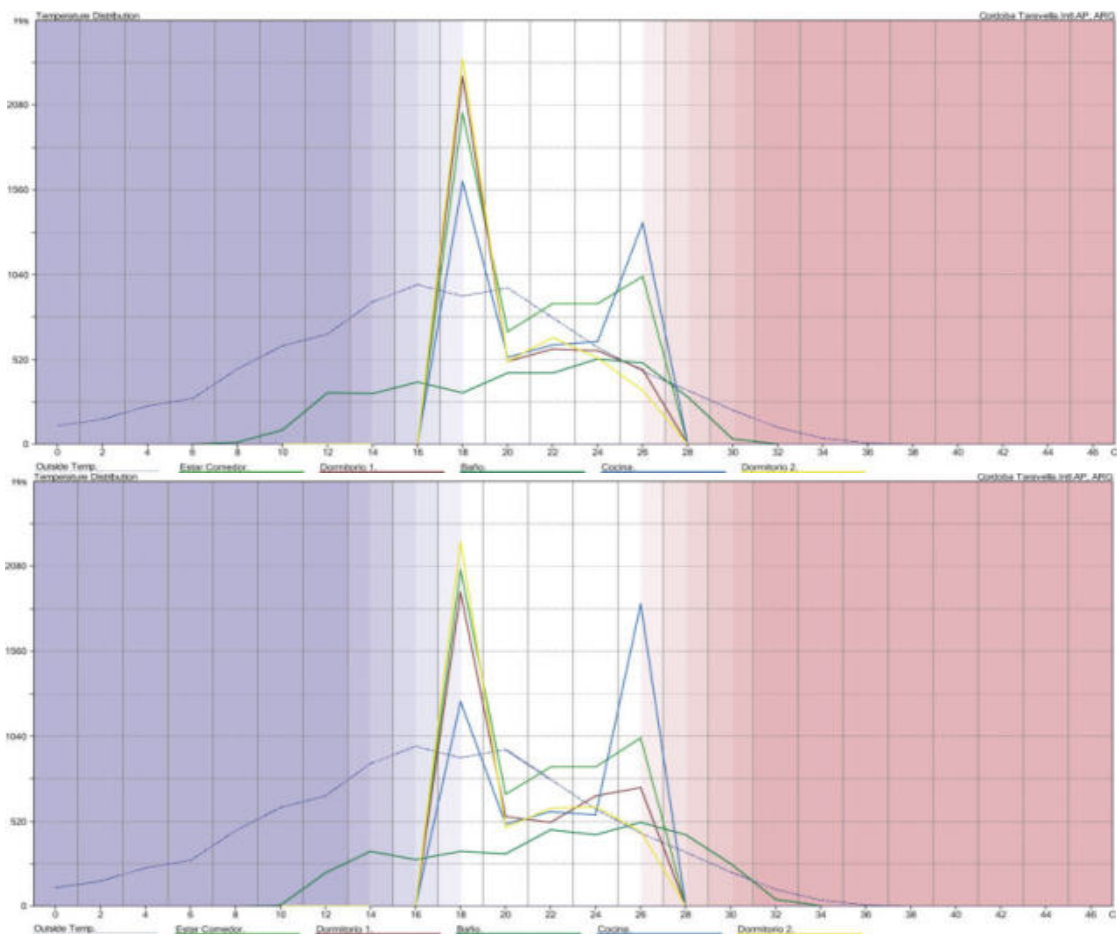


Figura 5. Distribución de temperaturas interiores. BASE (superior) y CEVE (inferior).



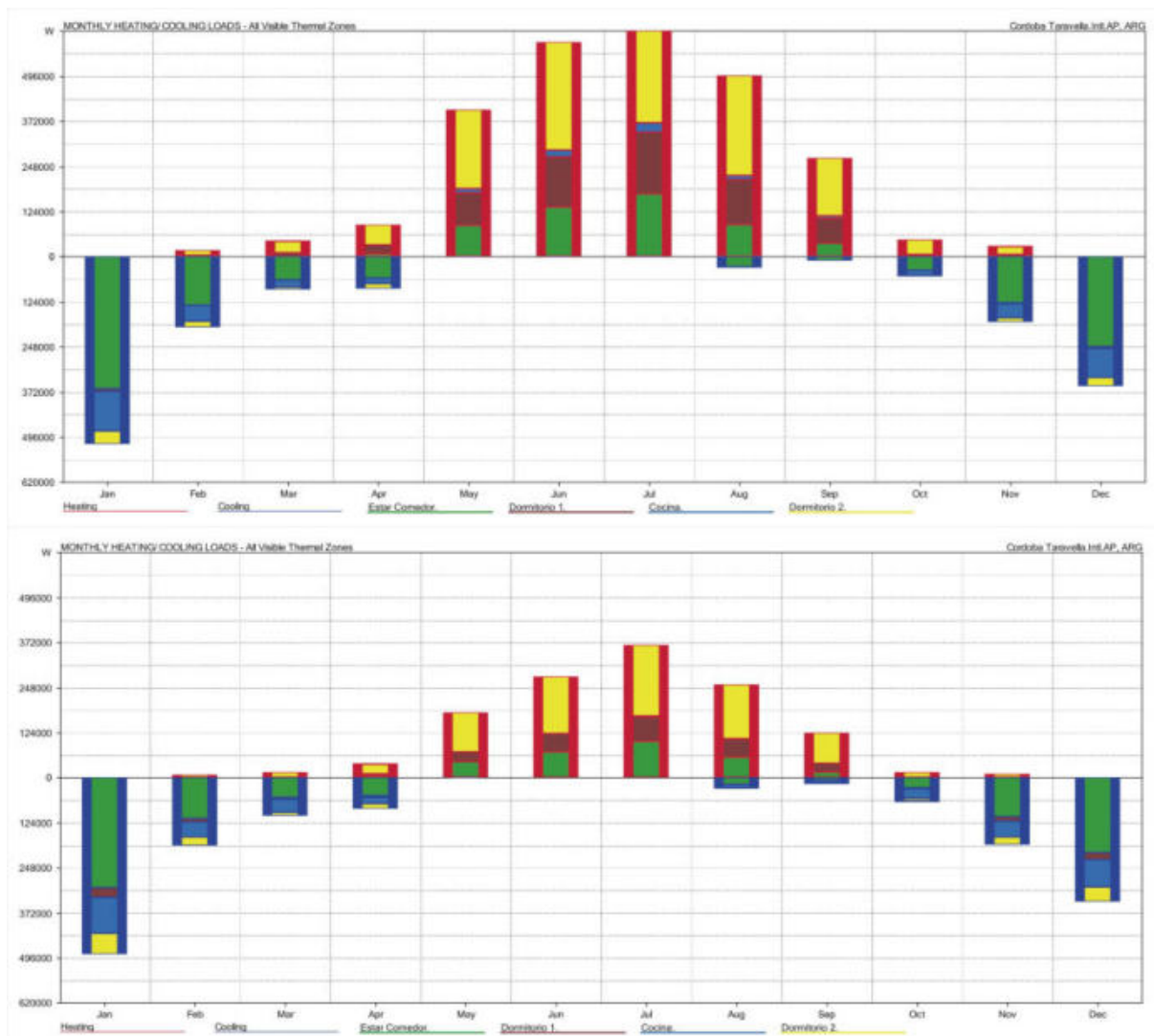


Fig. 6. Consumo energético en W: BASE (superior) y CEVE (inferior). AC (azul) y H (rojo).

Tabla 1. Cálculo de costos de energía de climatización de ambos casos costos de setiembre 2018.

Zona	Heating Wh	Cooling Wh	Consumo electrico Kwh	Consumo gas m³	\$ Gas	\$ Elect
Est./ Com	529565	1068708	1069	50	\$ 254	\$ 3.059
Dorm. 1	637396	13942	14	60	\$ 305	\$ 40
Baño	0	0	0	0	\$ -	\$ -
Cocina	73266	327221	327	7	\$ 35	\$ 936
Dorm. 2	1476742	119275	119	140	\$ 708	\$ 341
<b>Subtotal</b>	<b>2716969</b>	<b>1529146</b>			<b>\$ 1.302</b>	<b>\$ 4.376</b>
<b>Total Consumo Anual</b>					<b>\$</b>	<b>9.845</b>
Zona	Heating Wh	Cooling Wh	Consumo electrico Kwh	Consumo gas m³	\$ Gas	\$ Elect
Est./ Com	294060	887112	887	28	\$ 141	\$ 2.539
Dorm. 1	230629	71218	71	22	\$ 111	\$ 204
Baño	0	0	0	0	\$ -	\$ -
Cocina	3854	360987	361	0	\$ 2	\$ 1.033
Dorm. 2	762640	177066	177	72	\$ 365	\$ 507
<b>Subtotal</b>	<b>1291183</b>	<b>1496383</b>			<b>\$ 619</b>	<b>\$ 4.283</b>
<b>Total Consumo Anual</b>					<b>\$</b>	<b>8.826</b>

## 6. DISCUSION

### 6.1. Temperaturas interiores en los casos BASE y CEVE

Como se observa en la figura 4 la vivienda ha sido diseñada para obtener ganancia solar directa en invierno y evitar el acceso de sol al interior en verano. De este modo se propicia la ganancia solar directa invernal en el sector de 2 dormitorios y estar. Por otro lado, se planteó la vivienda apareada, estrategia bioclimática que permite disminuir el porcentaje de envolvente al exterior y, por tanto, evita pérdidas energéticas sumado a un mejor comportamiento y disminución de la oscilación de temperaturas en las condiciones de confort interior de la vivienda.

Como se observa en la figura 5, en general las condiciones de confort interiores son aceptables en ambos casos con algunas variaciones mínimas en cuanto al comportamiento de la normal de distribución. Se observan dos picos de una importante frecuencia de ocurrencia en invierno y verano, este último más leve y sólo en determinadas zonas. Esto evidencia una rigurosidad climática mayor en invierno y por tanto un consumo energético en esta época del año ya que coincide con el encendido de los equipos. Los 18°C son la temperatura de mayor frecuencia en todos los locales entre un 20% y 25% del tiempo. De todos modos, podría evaluarse el seteo (configuración del termostato de encendido) de los equipos para que se enciendan antes de llegar a los 18 °C y así evitar horas en disconfort en el triángulo formado por el pico de 18°C, 16°C y el eje x (8% al 10% del tiempo). Un detalle no menor sería tener en cuenta la capacidad instalada de equipos ya que la reacción, o bien el tiempo que se requiere para volver a la condición deseada (18°C) presenta una disminución de 2 °C. Sin embargo, el criterio del seteo evaluado responde a dos aspectos. Por un lado, la situación más parecida a la realidad en vivienda social que es evitar la climatización cuando el espacio no se está utilizando, y por otro la reacción natural de cuando se llega a disconfort la persona manualmente realiza el ajuste de la potencia del equipo, presentando un periodo de disconfort hasta regularizar la temperatura. Un aspecto relevante que no se ha modelado por requerir mayor tiempo de modelado es el aumento de calorías en el tipo y frecuencia de cocción invernal que no se evidencia en el periodo estival. Este detalle podría aportar ganancias invernales que disminuyan el consumo.

La distribución es mayormente dispersa en el 75% del tiempo restante, evidenciando un pico con exceso de energía en la cocina. De todos modos, la cocina no es un sector principal de estancia como los anteriormente nombrados y las temperaturas no superan los 28 °C en dichos momentos críticos (prácticamente 0 hs). Los espacios principales de estar y dormitorios las temperaturas se encuentran entre los 20 y 24°C un 9% del tiempo y entre 19°C y 26°C un 65% del tiempo. Se deduce de esta figura que el 82% del tiempo las condiciones de confort se encuentran en la franja establecida entre 18°C y 27°C en ambos casos y en todas las zonas de la vivienda.

### 6.2. Consumos energéticos de climatización

En resultados se explicó cómo se interpreta la figura 6. Comparativamente se observa una disminución relevante de los consumos energéticos especialmente en los picos de consumo en enero por refrigeración (AC) y en julio (H). Adicionalmente en todos los meses se observa un mejor comportamiento en este aspecto del caso CEVE respecto del BASE. Podemos afirmar que el caso CEVE presenta un mejor desempeño energético sin contar los beneficios ambientales y de costos de construcción implicados. No obstante, se detectan aspectos factibles de mejorar en el caso propuesto, tanto en el diseño arquitectónico como de los sistemas constructivos evaluados.

Por un lado, el consumo energético de verano se podría mejorar acondicionando el color exterior de la teja de material reciclado, disminuyendo considerablemente el consumo en verano al disminuir el factor del albedo. A su vez, se detecta la necesidad de simular cada dormitorio por separado para evitar confusión en las lecturas de consumos producidos por dos dormitorios juntos en comparación del dormitorio sur con la mitad de superficie útil y por tanto de volumen a acondicionar. Es probable que el dormitorio norte cercano al estar tenga peor comportamiento por presentar mayor envolvente expuesta en comparación a los demás dormitorios. Por su parte el estar podría proteger su pared lateral expuesta (en este caso oeste) con alguna cubierta verde vertical o pérgola de hoja caduca o media sombra generalmente utilizada para cobijo del vehículo familiar, dependiendo del ancho del terreno.

Se evidencia un muy buen comportamiento del estar en invierno presentando consumos bajos. A continuación, se evalúan los valores numéricos de consumos y los posibles costos para ambos casos en Córdoba.

### 6.3. Costos energéticos por climatización

La Tabla 1 donde se muestran los datos numéricos de consumo y los costos de climatización calculados con valores de Córdoba de setiembre 2018, se evidencia un importante consumo en el caso BASE: 4247 kWh/año. Un consumo superior a 70 kWh/m<sup>2</sup>/año (considerando 60m<sup>2</sup> útiles) en una vivienda diseñada para disminuir el consumo. En costos monetarios implica \$ 9800 anuales sólo de climatización (aproximadamente de US\$ 265). Es sabido por la situación económica argentina que una familia que reside en una vivienda social no cuenta con los medios para destinar en climatización ese monto. Por tanto, se podría decir que se encontraría en la situación de pobreza energética, concepto que evidencia, el tener acceso a la energía, pero no poder solventar los costos asociados a ella y por tanto a mantener el confort interior.

Por su parte el caso CEVE presenta un consumo de energía por climatización de 2787 kWh/año y es decir 46,4 kWh/m<sup>2</sup>/año, un significativo ahorro energético de 35% respecto del caso BASE. Se destaca un ahorro energético principalmente en calefacción (52,5% menos). No obstante, el consumo requerido para refrigeración es similar en ambos casos y presenta un importante impacto en los costos totales. Ello conlleva a examinar el caso CEVE en este aspecto y proponer mejorar el albedo de la teja y así disminuir la absorción de calor por parte de la cubierta.

A continuación, se presentan los resultados de simulación de un de los ensayos a escala de laboratorio de recubrimiento de la teja con pintura latex blanco. Como se observa en la Tabla 2, el consumo total es de 2403 kWh/año, equivalentes a 40 kWh/m<sup>2</sup>/año un 43% menos de consumo energético por climatización respecto al caso BASE. El ahorro obtenido es un 9% mayor al caso CEVE, por tanto, podemos afirmar que la propuesta técnico arquitectónica CEVE 2 es una opción válida para desarrollar y CEVE logra un ahorro significativo para reemplazar a la construcción tradicional del caso BASE, con las ventajas ambientales asociadas que ello implicaría.

Zona	Heating Wh	Cooling Wh	Consumo electrico Kwh	Consumo gas m <sup>3</sup>	\$ Gas	\$ Elect
Est./ Com	311159	641260	641	29	\$ 149	\$ 1.835
Dorm. 1	240001	42997	43	23	\$ 115	\$ 123
Baño	0	0	0	0	\$ -	\$ -
Cocina	4014	274277	274	0	\$ 2	\$ 785
Dorm. 2	776795	113073	113	74	\$ 372	\$ 324
<b>Subtotal</b>	<b>1331969</b>	<b>1071607</b>			<b>\$ 638</b>	<b>\$ 3.067</b>
<b>Total Consumo Anual</b>					<b>\$</b>	<b>7.139</b>

Tabla 2. Calculo de costos de energía de climatización de caso CEVE 2

## 7. CONCLUSIONES

Se puede afirmar que el presente trabajo cumple con los objetivos propuestos. El proyecto técnico arquitectónico llamado caso CEVE responde satisfactoriamente la premisa de lograr un ahorro energético significativo respecto del caso BASE (35%). Cabe recordar que el prototipo de vivienda FADIPEV ya tiene incorporadas numerosas variables de diseño bioclimático como compacidad, orientación, es apareada, aberturas mínimas, ventilación natural, baño compartimentado, posibilidad de ampliaciones sin derribar paredes tanto en planta baja como alta y posterior división en unidades independientes durante la vida útil de la misma, etc. lo cual el prototipo BASE genera un ahorro respecto a la generalidad de la vivienda social en la región. A su vez, se ratifica la buena performance de los sistemas constructivos desarrollados por el CEVE llamados BENO PET y TEJA de caucho y polietileno con las connotaciones positivas en cuanto a la posible disminución en la producción de CO<sub>2</sub>, tanto por la disminución del consumo energético total anual, como la reducción de incineramiento de residuos como el caucho y plásticos aquí reciclados. Los resultados indican que un 82% del tiempo las condiciones de confort interior son aceptables. Los consumos de las opciones CEVE alcanzan valores cercanos a 40 kWh/m<sup>2</sup>/año. Cabe destacar que el caso CEVE 2 con teja pintada blanca ahorra un 43% de energía respecto al caso BASE y un 9% al caso CEVE, motivando así la continuación de la investigación en los aspectos aquí analizados. En definitiva, el caso CEVE presenta una performance excelente en cuanto a ahorro energético, reducción de contaminación y confort interior válida para reemplazar paulatinamente a la vivienda social masiva en la región bioclimática IIIa, con el impacto positivo que ello significaría.

Por otra parte, esta medida internacional (kWh/m<sup>2</sup>/año) permite comparar con estándares de viviendas en diferentes contextos climáticos y tecnológicos. Es posible optimizar el diseño y mejorar la calidad de las aislaciones sin modificar sustancialmente el proyecto o los sistemas constructivos.

No obstante, el proyecto puede ser mejorado en los siguientes aspectos planteados en líneas actuales de investigación: mejorar la calidad de las aberturas y moderar al máximo la cantidad de aberturas y su tamaño. Continuar con los ensayos y simulaciones de techos ventilados de material reciclado y con los ensayos y simulaciones de sistemas de BENO PET bovedilla para disminuir el peso de las placas y los puentes térmicos. Incorporar vegetación en el modelo de simulación para el sombreado estival, incorporar otros prototipos compactos de vivienda social y evaluar diferentes materiales basados en residuos.

De los cuatro objetivos del proyecto marco, tres están en pleno proceso y el presente trabajo aporta conclusiones significativas al mismo:

- Desarrollar proyectos demostrativos de viviendas bioclimáticas que alcancen niveles aceptables de confort higrotérmico en diferentes contextos climático-económicos del país.
- Desarrollar y evaluar termo-energéticamente nuevos materiales de construcción (bloques, paneles y revestimientos termo-aislantes para paredes, pisos, cielorrasos y cubiertas).
- Desarrollar nuevos sistemas constructivos eficientes energéticamente y competitivos en el mercado nacional, tanto con materiales disponibles en el mercado, como con nuevos materiales no convencionales, incorporando en la optimización por simulación desarrollos nuevos y de otros grupos del CEVE.
- Optimizar la economía de los proyectos demostrativos desarrollados en la etapa anterior evaluando sobrecostos iniciales por la adopción de estrategias bioclimáticas pasivas y activas, sus períodos de amortización y los ahorros energético-económicos de funcionamiento logrados durante su vida útil.

En cuanto a optimizar los sistemas constructivos, se ha rediseñado, mediante cálculos higrotérmicos, el sistema BENO PET BOVEDILLA, la placa construida con bovedilla de PET (0,035 m de espesor). Los buenos resultados en cuanto a disminuir los problemas de excesivo peso de la placa, no presentar condensaciones, incluso en condiciones extremas, manteniendo una alta performance en cuanto a la transmitancia térmica a nivel de cálculos, permitió pasar al nivel de construcción en el taller experimental. Se adaptó el molde de ladrillos, se construyeron placas y se las ha sometido a ensayos. En esta línea se prevé también la construcción de la placa única con estructura de malla interior, la conveniencia o no de incorporar aditivo burbujeante para mejorar aún más conductividad sin descuidar la resistencia mecánica de las placas, tanto la BENO PET BOVEDILLA como la PLACA PET. Si se logra desarrollar una placa se disminuirían además los tiempos de construcción y se podría adaptar a otros sistemas constructivos y otros tipos de estructuras, siendo así un elemento altamente versátil con alta performance térmico-energética.

En cuanto a la terminación de la teja, se está evaluando la capacidad de adherencia de pinturas o recubrimientos mediante la incorporación de productos. Además, se continúa investigando la aplicación de numerosos aditivos retardantes de llama. En cuanto a los techos ventilados con este material, simulaciones preliminares han dado excelentes resultados en diversos climas. Se continuará trabajando en esta línea incluso en prototipo experimental.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arup Concrete Centre 2017. *Dynamic-Thermal-Properties-Calculator-(ver-1-0)*
- Badescu V., Laaser N., Crutescu R., Crutescu M, Dobrovicescu A., Tsatsaronis G. *Modeling, validation and time dependent simulation of the first large passive building in Romania. Renew Energy. 2011;36(01):142-57.*
- Berretta H., Arguello R., Gatani M., Gaggino R. "Certificado de Aptitud Técnica: Placa de ladrillos elaborados con PET reciclado y cemento". Responsable Técnico: Asociación de Vivienda Económica. Resolución Número: 2721 de la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación. Fecha de otorgamiento: 2007. Buenos Aires, Argentina.
- Berretta H., Gaggino Rosana, Arguello Ricardo. "Patente de invención: Procedimiento para realizar una mezcla cementicia aplicable a la fabricación de elementos de construcción". Titular: CONICET. País: Argentina. Número de Acta en INPI: P030101019. Número de Resolución: AR047617B1. Fecha de otorgamiento: 27 / 08 / 08.
- Crawley, 2017. *typical and extreme meteorological weather data of South America.* [http://climate.onebuilding.org/WMO\\_Region\\_3\\_South\\_America/default.html](http://climate.onebuilding.org/WMO_Region_3_South_America/default.html)



- ECOTECT, <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-62481/ecotect-software-de-diseno-de-construccion-sustentable>.
- Gaggino R., Arguello R., Berretta H. "Procedure for making a cement mixture aplicable to the manufacture of building elements". *Recent Patents on Materials Science Journal*. ISSN: 1874-4648 (Print) 1874-4656 (Online). Editorial: Bentham Open Publications. Oak Park, E.E.U.U. Volumen: 3, Número: 3, Pp. 167 a 177. Junio de 2010.
- Gaggino R., Kreiker J., Sanchez Amono M., Arguello R., Positieri M., Baronetto C. "Patente nacional: Composición de una mezcla para la fabricación de componentes constructivos". Titulares: CONICET, AVE, y UTN UTN. País: Argentina. En gestión. Número de Expediente en INPI: 20150102786. Fecha de solicitud: 31/08/2015.
- Gaggino R., Kreiker J., Sánchez amono M., Arguello R., Positieri M., Baronetto C. "Cover system for roofs manufactured with recycled polyethylene and rubber". *Key Engineering Materials Journal*. ISSN: 1662-9795. Editorial: Trans Tech Publications. Zurich, Suiza. Volumen 668. Junio de 2016. Pp.348 a 356.
- Gaggino R., Positieri M., Kreiker J., Peisino L., Sánchez Amono M., González Laría J., Baronetto C. "Certificado de Aptitud Técnica: Teja elaborada con caucho y plástico reciclados". Número 3174. Expediente CUDAP S02: 0107903/2016 de la Dirección Nacional de Acceso al Suelo y Formalizaciones del Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Responsable Técnico: Centro Experimental de Vivienda Económica. Fecha de otorgamiento: 18 / 10 / 2018. Buenos Aires, Argentina.
- INDEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSO). 2011. Censo nacional 2010. Available at: < <http://www.indec.mecon.ar/> > Planillas V1, V2, V7.
- INTI. "Argentina comienza a reciclar neumáticos fuera de uso" *Noticiero Tecnológico Semanal N°18*. Publicación digital del 26 de julio de 2010.
- Lam J.C., Yang L., Liu J. *Development of passive design zones in China using bioclimatic approach*. *Energy Convers Manage*. 2006;47(04):746- 62.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) de la Nación. *Informe del Estado del Ambiente*. Año 2017.
- Nejat P., Jomehzadeh F., Taheri M.M., Gohari M., Majid Mza. *A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries)*. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2015;43:843-862.
- Norma IRAM 11549. *Aislamiento térmico de edificios*. Revisión of IRAM 11549:1993, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, 2002.
- Norma IRAM 11604. *Aislamiento térmico de edificios*. Verificación de sus condiciones higrotermicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Calculo y valores límites, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2001.
- Norma IRAM 11605. *Acondicionamiento térmico de edificios*. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, Argentina, 1996, Mod. 2002.
- Norma IRAM 11659-1:2004. *Aislamiento térmico de edificios*. Verificación de sus condiciones higrotermicas. Ahorro de energía en refrigeración, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2004.
- Norma IRAM-11603. *Clasificación bioambiental de la República Argentina*, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Buenos Aires, 1996.
- Oga, M.; Sulaiman, H. 2018. *Diseño sustentable basado en simulación de oficina/vivienda para el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - Deán Funes Córdoba, Argentina*. V Congreso Sudamericano de Simulación de Edificios. IBPSA Chile – Argentina-Brasil. International Building Performance Simulation Association. Valparaíso, Chile 27-28 de setiembre de 2018.
- Omrany H.; Marsono A.K.. *Optimization of Building Energy Performance through Passive Design Strategies*. *British Journal of Applied Science & Technology* 13(6): 1-16, 2016.

- *Publicaciones periódicas CEAMSE. Argentina. Año 2017*
- *Sadineni SB, Madala S, Boehm RF. Passive building energy savings: A review of building envelope components. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011;15(08):3617-31.*
- *Sulaiman y Lara, 2018. Simulación térmico-energética de prototipo de vivienda social FADIPEV con sistema constructivo liviano en clima húmedo y árido. La Serena Chile - San Juan Argentina. V Congreso Sudamericano de Simulación de Edificios. IBPSA Chile – Argentina-Brasil. International Building Performance Simulation Association. Valparaíso, Chile 27-28 de setiembre de 2018.*
- *Sulaiman, H. 2011. Confiabilidad y economía en la optimización de las estrategias bioclimáticas. Tesis doctoral (S). Programa de Doctorado de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad de Mendoza.*
- *Sulaiman, H., Mazzocco, Ma. Pía, Filippin, Celina. 2017. Análisis Económico-Energético de Envolventes Aisladas con Simulación en CASAFAD en dos Ciudades de Argentina. Anais no XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído realizado de 27 a 29 de setembro de 2017, na UNIVALI campus Balneário Camboriú/SC.*
- *Tejavathu RU, RAVI P, SHUKLA K. Life cycle energy analysis of buildings: an overview. EnergyBuild 2010;42(10):1592 600.*

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# CONSTRUÇÕES DE ADOBE EM ROSÁRIO OESTE, MATO GROSSO: UMA PREOCUPAÇÃO COM A PRESERVAÇÃO DA MEMÓRIA E DA TÉCNICA CONSTRUTIVA VERNACULAR

Gisele Carignani ([carignani@hotmail.com](mailto:carignani@hotmail.com)); Nátali de Paula ([natalidp@hotmail.com](mailto:natalidp@hotmail.com))

Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Arquitetura e Engenharia (UNEMAT-FAE) - Brazil

**Palabras clave:** adobe, patrimônio cultural, degradação, inventários de identificação, rosário oeste

*Rosário Oeste é uma cidade mato-grossense de rico acervo cultural, destacando-se a arquitetura do período colonial com vários exemplares construídos em adobe, mas que se encontram mal conservados e fadados ao desaparecimento como tem ocorrido com várias edificações antigas. Estas não contam com materiais técnicos de proteção como os inventários de identificação e apenas um casarão é tombado, o que evidencia a falta de investimentos na conservação e valorização da identidade cultural local. O objetivo principal é levantar, catalogar, identificar fragilidades na conservação e difundir o conhecimento das construções de adobe tidas como patrimônio cultural da cidade e do Estado de Mato Grosso bem como divulgar a situação atual desses elementos. As informações foram obtidas por pesquisas e entrevistas in loco tanto com a população geral quanto com os proprietários visto que a população ainda é maior detentora dos saberes locais e também porque é imprescindível saber a percepção desta em relação ao seu patrimônio. Para o embasamento teórico do trabalho são abordadas bibliografias sobre a história de Mato Grosso e caracterização de sua arquitetura, Patrimônio Cultural e educação patrimonial. Os resultados mostraram que as construções em adobe da cidade de Rosário Oeste apresentam-se em estado de degradação e um dos motivos é a descrença na tecnologia construtiva. Nota-se, também que muitas edificações foram modificadas com o tempo inserindo-se outros materiais construtivos. Conclui-se que o material, por ser antigo é atualmente desacreditado pela maior parte da população, entretanto, o adobe é um método de construção eficiente além de ser um ícone da arquitetura regional, merecendo assim, ser valorizado e conservado. O município e o governo do Estado precisam investir mais no patrimônio, na valorização da identidade, na informação, na educação patrimonial e no envolvimento da população com o uso desses espaços de memória desacelerando seu processo de descaracterização.*

## 1. INTRODUÇÃO

O adobe é uma técnica construtiva vernácula que compreende um tijolo composto basicamente por argila fina, argila, areia, cascalho, materiais disponíveis no solo sub-superficial, e da água podendo adicionar-se a resina ou fibras naturais (GALVÃO, 2015). É um material altamente adequado a climas quentes e foi muito empregada no período colonial do Brasil do qual ainda há vestígios em várias cidades centenárias do país. Uma delas é Rosário Oeste, distante cerca de 90 km da capital de Mato Grosso, Cuiabá, centro-sul do Estado. No século XVIII as penetrações pelo interior do Brasil em busca de mão de obra e riquezas naturais levaram ao descobrimento das lavras do Sutil e a consequente

instalação do sítio que veio a ser Cuiabá. Com o descobrimento de novas áreas de extração de ouro e diamante na região, Rosário Oeste se instalou em um lugar de passagem entre

essas áreas de mineração, oferecendo alojamento para os viajantes. Logo, a cidade que se iniciou na segunda metade desse século foi se desenvolvendo e com ela, as construções de adobe, difundidas pelas cidades históricas.

De acordo com Ferreira (2001, p.189), no século XVIII:

*quando Cuiabá foi fundada, ainda bem no início, suas construções paupérrimas foram ingressando pouco a pouco no estudo colonial português. Seus primeiros povoadores construíram de modo definitivo, usando o modelo construtivo que os bandeirantes paulistas trouxeram. Assim, tiveram as primeiras casas e capelas construídas de pau-a-pique, cobertas de palha ou capim e, depois, de grossas paredes de taipa de pilão e adobe.*

Com o passar do tempo, as técnicas foram sendo modificadas com o surgimento de novas tecnologias. Freire (2001) destaca três ciclos econômicos da cidade de Cuiabá que influenciaram diretamente em sua arquitetura: o ciclo da mineração (1719), ciclo da sedimentação administrativa (1820) e o ciclo da modernização (1968), quando as maiores modificações urbanas são realizadas e iniciam-se os ataques aos estilos arquitetônicos anteriores.

Em Rosário Oeste não foi diferente e a modernidade, a falta de valorização do adobe e a manutenção precária são fatores influenciadores para que as construções de adobe deixem de existir. Junta-se à problemática que a recuperação e conservação de centros históricos são onerosas não só pelas intervenções, mas, também, aos demais serviços necessários, como os inquéritos preliminares em que devem ser ouvidos os moradores dos imóveis, a população do entorno, a documentação, a iluminação e demais infraestruturas públicas, calçamento e outros de acordo com o projeto e a população dona desses imóveis não vê vantagem na permanência desses bens, na sua manutenção ou no seu tombamento (LEMOS, 1981).

O adobe é um material construtivo autoportante e resistente, adequado ao clima rosariense pelas grossas paredes que mantêm a temperatura fresca no interior da edificação. A alvenaria deve contar com uma boa proteção contra a chuva, como beirais avançados e uma base de baldrame acima do nível do solo, geralmente em pedra local, já que sua superfície pode ser facilmente degradada pela água. Assim como outros materiais, o adobe sofre com algumas patologias se não houver a devida manutenção. Deve-se atentar, também, à interface dos materiais empregados devido às propriedades de cada um deles pois, se não houver uma compatibilidade pode gerar outras patologias como rachaduras, destacamentos dentre outros.

A cidade de Rosário Oeste surgiu como um pequeno povoado às margens do Rio Cuiabá pela Rua Coronel Botelho, por onde chegavam as embarcações e se estabeleceu o centro da cidade com a construção da igreja, com os edifícios públicos e residências mais importantes, muito característico das cidades coloniais portuguesas em que as cidades cresciam ao redor das igrejas e seus pátios (SCHURMANN, 1999). Com o desenvolvimento da cidade ao passar dos anos e, principalmente, do setor rodoviário, veio a expansão urbana, redirecionando o crescimento da cidade para outras áreas. Apesar disso, o centro da cidade ainda obedece uma dinâmica tradicional dos seus moradores em seus afazeres diários, lazer e frequência às missas.

A preservação e conservação se justificam pela importância de se manter a memória da formação da cidade, identidade do povo e de grupos sociais para salvaguardar os testemunhos da história e evolução humanas. Ainda porque, em Mato Grosso, a maioria das

ciudades tem sua formação a partir da década de 1970 (MORENO, 1998/1999), tendo poucas surgidas no século XVIII. Percebe-se que em Rosário Oeste há uma parte da população preocupada em se manter a paisagem histórica que atualmente passa por um momento de substituição do antigo, devido à propagação de novos materiais e formas mais atuais do morar e construir. Para auxiliar na preservação desses bens na paisagem, há algumas medidas recomendadas pelo IPHAN como, por exemplo, a elaboração de inventários de identificação dos bens culturais que podem ser adotados pelo município bem como um investimento em educação patrimonial.

Diante dessa realidade, faz-se necessário difundir o conhecimento sobre a importância dessa técnica construtiva para a história da cidade e do Estado e mostrar a atual situação de conservação dessa arquitetura para que a sociedade e o poder público possam olhar com mais cautela para esses vestígios históricos seja em Rosário Oeste ou em outras cidades pelo mundo que tenham fortes referências culturais.

## **2. OBJETIVO**

São objetivos deste trabalho elencar o adobe como técnica construtiva que acompanha a história da cidade de Rosário Oeste, levantar algumas das construções que tiveram o adobe como material construtivo e que ainda se destacam na composição da paisagem urbana, sendo assim, catalogar, identificar características, composição de materiais construtivos e patologias. Busca-se, também, por meio das pesquisas realizadas e da discussão teórica, identificar fragilidades no trato desse patrimônio edificado e difundir o conhecimento e alternativas para se conservar esses bens culturais.

## **3. METODOLOGIA**

As informações aqui apresentadas foram obtidas por visitas in loco, pesquisas bibliográficas na Fundação de Cultura e Turismo, local que reúne o maior acervo cultural do município, e com a população moradora da cidade, principais detentoras dos saberes locais. O recorte territorial para os levantamentos foi traçado a partir do que corresponde ao núcleo original da cidade, o bairro centro. As edificações nessa área são as mais antigas e se encontram em maior número, organizando-se ao redor da praça central e no caminho que levava ao rio, mantendo ainda suas características originais da paisagem com poucas alterações. Foram catalogadas as construções de maior relevância histórica e que apresentam características em comum como o telhado em duas águas voltado para frente, a justaposição e alinhamento das fachadas em composição porta e janela, a presença ou remanescência do adobe, esquadrias de madeira e outros. Os dados obtidos foram reunidos em tabelas para facilitar a leitura e síntese das informações.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O adobe segundo Galvão (2015, p. 12), possui dimensões variadas de acordo com cada região sendo a largura típica entre 12 e 22 centímetros, comprimento entre 20 e 30 centímetros. Na opção como parede de vedação, geralmente são levantadas entre estruturas de madeira e possui diversas vantagens utilizadas como “o bom isolamento térmico e acústico e a durabilidade em boas condições de fatura e manutenção, além de complementar a estrutura autônoma, pelo preenchimento interno e enrijecimento do conjunto”. O material tem ainda, a função de parede estrutural, “geralmente de adobes de maior porte, tais como os usados no Planalto Andino, ou pelo uso de fiadas dobradas e até triplicadas, tais como verificamos em Mato Grosso e em outras construções do Centro-Oeste brasileiro” (GALVÃO, 2015). Ainda de acordo com esse autor, as construções de adobes datadas do período pré-colonial da América Latina mostram a resistência do material no tempo dependendo das condições de sua fabricação que pode, inclusive, ser otimizada. Por isso, o







Figura 2: identificação de materiais adicionais às construções de adobe (crédito: Nátali de Paula, 2018)

Nessa imagem, nota-se que a cobertura ainda se mantém em duas águas como originalmente, mas com telhas cerâmicas em substituição à capa-canal originais, os tijolos cerâmicos de furos ou maciços juntamente com o reboco em substituição ao adobe além de pilares de concreto que podem indicar o risco de desabamento em decorrência da má conservação do adobe ou a sua completa substituição. A existência dos novos materiais veio em substituição aos originais por diversas razões, como a falta de conservação e as patologias, a falta de conhecimento e valorização da técnica, a ausência de adobeiros (mão de obra apta à confecção dos antigos tijolos), a descrença na técnica, à difusão de novos materiais, dentre outros. Não se sabe a data precisa em que foram empregadas novas matérias, tendo sido observados através da comparação de registros fotográficos, podendo ser observadas as demolições ocorridas, mantendo-se apenas a fachada frontal com características originais assim como ocorreu em alguns outros edifícios. Em contrapartida, os calçamentos em tijolinho e paralelepípedo mostram a resistência de algumas características da paisagem histórica.

Houve considerável alteração na paisagem urbana das cidades históricas mato-grossenses até a atualidade com o desenvolvimento da economia. De acordo com Freire (1997), a arquitetura de Cuiabá teve grande influência da economia e políticas locais destacando-se três importantes períodos: o ciclo da mineração quando Cuiabá foi fundada (1719), o ciclo da sedimentação administrativa marcada pela transferência da capital de Mato Grosso (1820) e o ciclo da modernização (1968). Este último vem acompanhado do conceito de progresso em que tudo o que representava o velho passou a ser altamente desvalorizado, tendo como principal marco a dinamitação da antiga catedral cuiabana. Esses ataques ao patrimônio da capital levaram, segundo Castor (2010), a uma reação de

caráter preservacionista nos anos 1970 que resultou no tombamento do centro antigo da cidade. Isso mostra que a consciência de preservação só se faz quando a maior parte dos bens já desapareceu. Em Rosário Oeste, além de prevalecer as mesmas características urbanas dos três ciclos apresentados por Freire (1997), a antiga igreja construída em pedra e barro foi demolida em sinal de modernização da cidade em 1958. Ao longo dos anos, outras edificações em adobe foram sendo substituídas como, por exemplo, a cadeia pública que logo foi demolida para a construção do prédio moderno do Banco do Brasil, a primeira prefeitura e o mercado municipal. Contrapondo-se a Cuiabá, Rosário Oeste ainda não

possui centro histórico tombado nem ao menos catalogado, o que favorece a perda desses importantes monumentos.

Para contribuir na elaboração da catalogação ou inventários dessas construções, são apresentadas algumas delas com sua denominação, localização, características arquitetônicas, medidas aproximadas, significados, estado de conservação e uso atual.


	Nome: Casa colonial 1
	Localização: Rua Coronel Botelho
	Características: Paredes de adobe possivelmente com acréscimo de novos materiais, esquadrias de madeira, cobertura com telha capa-canal de duas águas, pé-direito e nível de piso baixos, construída no alinhamento. Beirais detalhados.
	Medidas aproximadas: largura da fachada 7 m; altura 3,2 m; área 26 m <sup>2</sup> .
	Significados: edificação presente na primeira rua de acesso à cidade.
	Estado de conservação: razoável. Há patologias relacionadas à umidade e impermeabilização.
Uso: residencial	

Figura 3: tabela 1 - construção de adobe 1



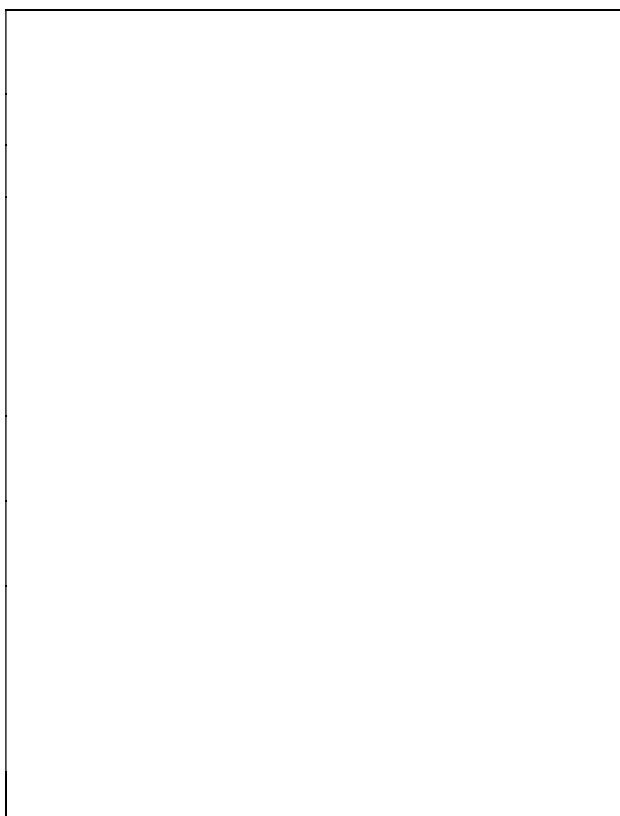

	Nome: Casarão da FUNCULTUR
	Localização: Rua Dr. Murтинho
	Características: Paredes de adobe, esquadrias largas de madeira e vidro, cobertura com telha capa-canal com fechamento único, pé-direito alto, construída no alinhamento, um pouco acima do nível da rua. Beirais detalhados.
	Medidas aproximadas: largura da fachada 24 m; altura 4 m; área 416 m <sup>2</sup> .
	Significados: edificação pertencente a senhor de fazenda. Atualmente reúne o acervo cultural e documental da cidade.
	Estado de conservação: razoável. Há patologias relacionadas à umidade e impermeabilização, cobertura defeituosa e forro danificado pela

Figura 4: tabela 2- construção de adobe 2.


	entrada de água pela cobertura.
---	---------------------------------

	Uso: sede da FUNCULTUR (Fundação de Cultura e Turismo)
	Nome: Casa colonial 2
	Localização: Rua Dr. Moraes
	Características: Paredes de adobe possivelmente com acréscimo de novos materiais, esquadrias largas de madeira e vidro, cobertura com telha capa-canal em duas águas, pé-direito alto, construída no alinhamento e no nível da rua. Beirais detalhados.
	Medidas aproximadas: largura da fachada 20 m; altura 4 m; área 200 m <sup>2</sup> .
	Significados: edificação pertencente à família Loureiro.
	Estado de conservação: ruim. Há patologias relacionadas à umidade e impermeabilização, cobertura defeituosa, esquadrias degradadas, pintura fissurada e parte posterior em alta degradação.
Uso: não possui.	

**Figura 5** :tabela 3- construção de adobe 3

	Nome: Casa colonial 3
	Localização: Rua Dr. Murtinho
	Características: Paredes de adobe com acréscimo de novos materiais como tijolo cerâmico e tijolinho, cobertura com telha cerâmica em duas águas, esquadrias largas de madeira e vidro, pé-direito alto devido às reformas, construída no alinhamento e no nível da rua. Apenas a fachada frontal se mantém, porém com alterações.
	Medidas aproximadas: largura da fachada 20 m; altura 3,5 m; área 127 m <sup>2</sup> .
	Significados: edificação pertencente à família Figueiredo.
	Estado de conservação: ruim. Alvenaria exposta, patologias relacionadas à umidade e impermeabilização, esquadrias degradadas.
	Uso: não possui.

**Figura 6** :tabela 4: construção de adobe 4

	Nome: Igreja Presbiteriana
	Localização: Rua Floriano Peixoto.



	Características: Paredes de adobe, esquadrias largas de madeira, cobertura com telha capa- canal com fechamento único, pé-direito alto, construída no alinhamento e no nível da rua. Beirais detalhados.
	Medidas aproximadas: largura da fachada 20 m; altura 4 m; área 90 m <sup>2</sup> .
	Significados: anexo da primeira igreja presbiteriana da cidade instalada no século XIX.
	Estado de conservação: bom
	Uso: religioso.

**Figura 7:** tabela 5: construção de adobe 5

	Nome: Neide Doces & Salgados
	Localização: Rua Floriano Peixoto.
	Características: Paredes de adobe, esquadrias largas de vidro, cobertura com telha cerâmica, pé-direito alto, construída no alinhamento, pouco acima do nível da rua. Beirais detalhados.
	Medidas aproximadas: largura da fachada 7 m; altura 3,5 m; área 20 m <sup>2</sup> .
	Significados: edificação colonial.
	Estado de conservação: bom. As paredes estão protegidas da umidade e apresentam boa pintura. A cobertura conservada em bom estado, protegendo o interior.
Uso: comercial	

**Figura 8** -tabela 6: construção de adobe 6

Com os exemplos apresentados, percebe-se que a degradação é mais recorrente nos edifícios sem utilização. Apesar da maioria das construções apresentadas serem de propriedade particular, esses edifícios ociosos e degradados podem e devem ter novos usos para atender às demandas sociais e se cumprir a função social desses bens coletivos.

## 5. CONCLUSÕES FINAIS

O acervo de construções em adobe de Rosário Oeste é ainda bem mais abrangente do que foi apresentado neste trabalho destacando o caráter histórico da cidade. Na sociedade globalizada, esse tipo de construção não é valorizada por ser antiga, em contraposição ao “moderno” e, ainda, pelo desconhecimento técnico e cultural que este material representa. O adobe oferece muitas qualidades, entre elas termoacústicas e ambientais que são desconhecidas pela maioria da população, e pouco difundida. Existe ainda o preconceito

quanto ao seu uso na atualidade devido ao vínculo cultural que se estabeleceu dessa técnica com as construções rurais e de baixa renda. Nas cidades com patrimônio arquitetônico de origem colonial, diversos exemplares vão se perdendo devido à pouca valorização do patrimônio histórico e cultural, principalmente pela falta de políticas de preservação e conscientização junto à população, que poderiam ser iniciadas nas escolas



públicas, com as crianças ou ainda com o resgate dessa técnica junto à população que ainda preserva o domínio dessa prática, trazendo de volta uma possibilidade que enfoca não somente a questão de permanência cultural, mas também de material altamente apropriado aos climas quentes e com características ambientais consideráveis. No caso de Rosário Oeste, mesmo as construções que ainda existem na paisagem, a maioria já foi alterada mesclando-se com outros materiais construtivos industrializados.

Soma-se à falta de normas municipais de conservação, a desvalorização do velho que ainda persiste na cidade. Por esse fato os proprietários quase sempre não tem o interesse na conservação dos edifícios em adobe, que seguem em processo de degradação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTOR, Ricardo Silveira. *Modernidade e primitivismo na arquitetura de Mato Grosso. Confrontos da segunda metade do século XX. Revista Arqtextos. Ano 11, nov. 2010. ISSN 1809-6298. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/11.126/3637>>. Acesso em 26 set. 2017.*
- FERREIRA, João Carlos Vicente. *Mato Grosso e seus municípios. Cuiabá: Secretaria do Estado da Educação, 2001.*
- FREIRE, Júlio De Lamônica. *Por uma poética popular da arquitetura. Cuiabá: EdUFMT, 1997.*
- GALVÃO, José Leme Jr. *O adobe e as Arquiteturas. IPHAN, 2015. Disponível em: <[http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Adobe\\_e\\_as\\_Arquiteturas.PDF](http://portal.iphan.gov.br/uploads/publicacao/Adobe_e_as_Arquiteturas.PDF)>. Acesso em 28 mai. 2018.*
- LEMOS, Carlos. *O que é Patrimônio Histórico?. São Paulo: Brasiliense, 1981.*
- MORENO, Gislaene. *O processo de Ocupação na Amazônia Mato-Grossense - O Exemplo de dois Municípios na Bacia do Médio Telles Pires: Sinop e Lucas do Rio Verde. Revista Mato-Grossense de Geografia, Cuiabá, ano 03/04, n. 03/04, p. 9-37, out 1998/1999.*
- SCHÜRMAN, Betina. *Urbanização colonial na América Latina: cidade planejada versus desleixo e caos. Textos de História, Brasília, v. 7, n. 1-2, jan. 1999.*

# ANÁLISE DAS DIRETRIZES SUSTENTÁVEIS DO PROJETO DO CENTRO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DE ALVORADA, A PARTIR DOS PADRÕES DE CHRISTOPHER ALEXANDER

Maira O. Pires ([maira.opires@gmail.com](mailto:maira.opires@gmail.com)); Janaine F. Gaelzer Timm ([janainetimm@hotmail.com](mailto:janainetimm@hotmail.com)); Isadora C. Hackenhaar ([ichackenhaar@gmail.com](mailto:ichackenhaar@gmail.com)); Miguel Aloysio Sattler ([masattler@gmail.com](mailto:masattler@gmail.com))

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Brazil

**Palavras chave:** projeto sustentável, estratégias passivas, diretrizes sustentáveis, impacto ambiental, edificação, padrões Christopher Alexander.

*A indústria da construção civil é um dos setores que mais geram impactos ambientais. Tal cenário é incompatível com a capacidade regenerativa da Terra. Christopher Alexander desenvolveu, então, uma perspectiva holística na qual propõe padrões para humanização do espaço construído. O presente artigo analisa como as decisões projetuais, a partir dos padrões de Alexander, podem influenciar na definição de um projeto com menor impacto socioeconômico ambiental. O estudo de caso do Centro de Educação Ambiental de Alvorada é apresentado e suas estratégias detalhadas, e, ao final, são resumidos os padrões identificados no projeto. Concluiu-se que, com projetos arquitetônicos pensados a partir de princípios regenerativos e que se identificam com os padrões propostos por Alexander, pode-se construir edificações com baixo custo econômico e baixo impacto ambiental, além de um alto impacto social para construtores e usuários.*

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos setores que mais geram impactos ambientais, uma vez que, consome cerca de 60% dos recursos naturais, 45% da energia produzida, gera 40% do total de resíduos produzidos em uma cidade, tendo sido responsável, em 2010, por 19% de todas as emissões globais de Gases do Efeito Estufa (GEE) (BRIBIÁN; et al., 2011; ANTÓN; DÍAZ, 2014; IPCC, 2014; IRIBARREN et al., 2015). Tal cenário é incompatível com a capacidade regenerativa da Terra e requer mudanças significativas nos meios de produzir, construir e habitar. Diferentes pesquisas investigam meios de diminuir os impactos atrelados ao ambiente construído, explorando a incorporação de resíduos em materiais, como o cimento; otimizando a gestão de obras; desenvolvendo novas tecnologias; aprimorando técnicas construtivas; entre outras. Alexander (2013) expressa as preocupações referentes ao impacto socioambiental da construção civil e, por meio de uma perspectiva holística, propõe padrões para ambientes vivos e saudáveis, que integram forma e contexto. Da mesma forma, o autor destaca a importância da participação do usuário neste processo. O objetivo do presente trabalho é o de ilustrar, por meio de um estudo proposto para um Centro de Educação Ambiental, elaborado para a Secretaria de Meio Ambiente do Município de Alvorada, no RS, de que maneira o uso da Linguagem de Padrões, de Christopher Alexander, pode ser utilizado no sentido de enriquecimento do projeto e de orientação na adoção de soluções projetuais, em busca de sua qualificação do ponto de vista arquitetônico, e com visíveis contribuições para a educação ambiental da população alvo. Algumas das estratégias adotadas no projeto são o uso de materiais da região em que será implantado, a gestão das águas residuais no próprio terreno, o uso de técnicas construtivas não convencionais e a produção de energia por meio de placas fotovoltaicas. A investigação avança a partir do estudo de caso de um projeto desenvolvido para a cidade de Alvorada, -

RS e que foi premiado com o segundo lugar no Prêmio de Sustentabilidade em Projeto, no VI Encontro de Sustentabilidade em Projeto (ENSUS 2018).

## **2. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO:**

Neste tópico são apresentadas as informações relativas ao objeto do estudo de caso.

### **2.1. Demanda e programa arquitetônico**

O projeto para o Centro de Educação Ambiental de Alvorada (CEAA) foi solicitado por representantes da Prefeitura Municipal de Alvorada, Rio Grande do Sul, Brasil ao PPGCI, da UFRGS, e a proposta foi desenvolvida por alunos da pós-graduação, para disciplina de Comunidades Sustentáveis, no ano de 2017. A sua implantação deveria ser no terreno do Parque Botânico de Alvorada e da Secretaria do Meio Ambiente do Município. A ocupação de tal terreno público foi se alterando ao longo dos anos, de acordo com as demandas municipais e decisões de cada gestão administrativa: nos anos 80, ele era explorado para extração de saibro; ao término de sua capacidade, nos anos 90, ele foi convertido em aterro sanitário; na sequência, ele foi empregado como central de materiais de obra; em meados de 2008, a área foi destinada para implantação da Secretaria de Meio Ambiente (SMA/Alvorada). Em 2009, tal órgão conseguiu aprovar o projeto de recuperação ambiental e foi criado o Parque Botânico de Alvorada, com o objetivo de promover o conhecimento e a consciência pública sobre a importância da flora nativa. Para tanto, a SMA/Alvorada fez uso de um local, distinto daquele onde ocorrem as atividades administrativas, para as atividades educacionais.

Depois de uma reunião inicial para compreensão da demanda da SMA/Alvorada e visita ao local, foi desenvolvido o programa de necessidades, composto por: (i) sala de aula, para aproximadamente 35 pessoas, para receber turmas de alunos e capacitar professores; (ii) pequeno museu, para contar a história do Parque Botânico; (iii) biblioteca compacta, para armazenar acervo relativo à educação ambiental; (iv) espaço para exposições da flora e fauna da região; (v) estação de trabalho, para transbordo de funcionários da Secretaria; (vi) sanitários com acesso universal; (vii) previsão de área para possível expansão futura. A configuração proposta visou o desenvolvimento de um espaço de acolhimento da comunidade e valorização do Parque Botânico de Alvorada, permitindo a vivência cultural e ecológica, por meio de um projeto arquitetônico de baixo custo econômico e com baixo impacto ambiental, que se tornaria, também, um objeto de observação e estudo. O terreno conta com aproximadamente 50.000 m<sup>2</sup> e o espaço disposto para intervenção foi de aproximadamente 200 m<sup>2</sup>, conforme ilustrado na Figura 1.

### **2.2. Projeto Arquitetônico e diretrizes ambientais**

O espaço disponível para implantação do CEAA localiza-se à esquerda da entrada do Jardim Botânico e ao lado do galpão utilizado pela SMA/Alvorada, como local de eventos e depósito, (ver Figura 2). A partir de suas condicionantes, o CEAA foi idealizado como um espaço multifuncional, para atender às demandas educacionais propostas e, suprir a necessidade de espaço para eventos. Da mesma forma, seguindo as premissas de Alexander (2013), o design do CEAA foi proposto de maneira integrada ao ambiente natural do Jardim Botânico, sendo-lhe conferido uma forma orgânica e fluida. O projeto arquitetônico foi elaborado a partir das seguintes diretrizes sustentáveis: (i) materiais reaproveitados e alternativos, de baixo impacto ambiental; (ii) coleta e aproveitamento de águas pluviais; (iii) tratamento modular de esgotos; (iv) iluminação e ventilação naturais; (v) telhado verde; (vi) formas orgânicas; (vii) integração exterior/ interior; (viii) baixo consumo e geração local de energia; (ix) espaços integrados e multiusos; (x) possibilidade de ampliação.



Figura 1. Planta de situação, localizando o terreno de intervenção do CEAA, identificando pré-existências e com imagens ilustrativas da área de intervenção.

A planta baixa e seu respectivo zoneamento estão ilustrados na Figura 3 e contam com a seguinte configuração: hall de acesso (17,60 m<sup>2</sup>); espaço de aprendizado (52,70 m<sup>2</sup>); biblioteca e secretaria (31,75 m<sup>2</sup>); área de circulação (13,45 m<sup>2</sup>); sanitários para Portadores de Necessidades Especiais (5,50 m<sup>2</sup>); copa e espaço de estar (17,30 m<sup>2</sup>). Nas áreas externas, o acesso principal conta com 11,48 m<sup>2</sup>, e o deck, com 27,0 m<sup>2</sup>.

### 2.3. Sistemas construtivos e materialidade

Por se tratar de um Centro de Educação Ambiental, buscou-se: o emprego de materiais e de técnicas construtivas alternativas; com comprovada origem e abundância na região, ou que pudessem ser reaproveitados; visando o menor impacto ambiental desta nova edificação e à conscientização da comunidade. Segundo Alexander (2013), os materiais usualmente utilizados em construções antigas tendem a uma construção mais orgânica e consequentemente mais duradoura. Idealmente, para o autor, os materiais utilizados devem ser de manuseio fácil e sem necessidade de maquinários pesados, que sejam fáceis de adaptar e variar, e que ainda atendam às necessidades de durabilidade, resistência e manutenibilidade. Esta classe de materiais normalmente se caracteriza por ser ecológica, biodegradável, de baixo consumo de energia e baseada em recursos não esgotáveis.



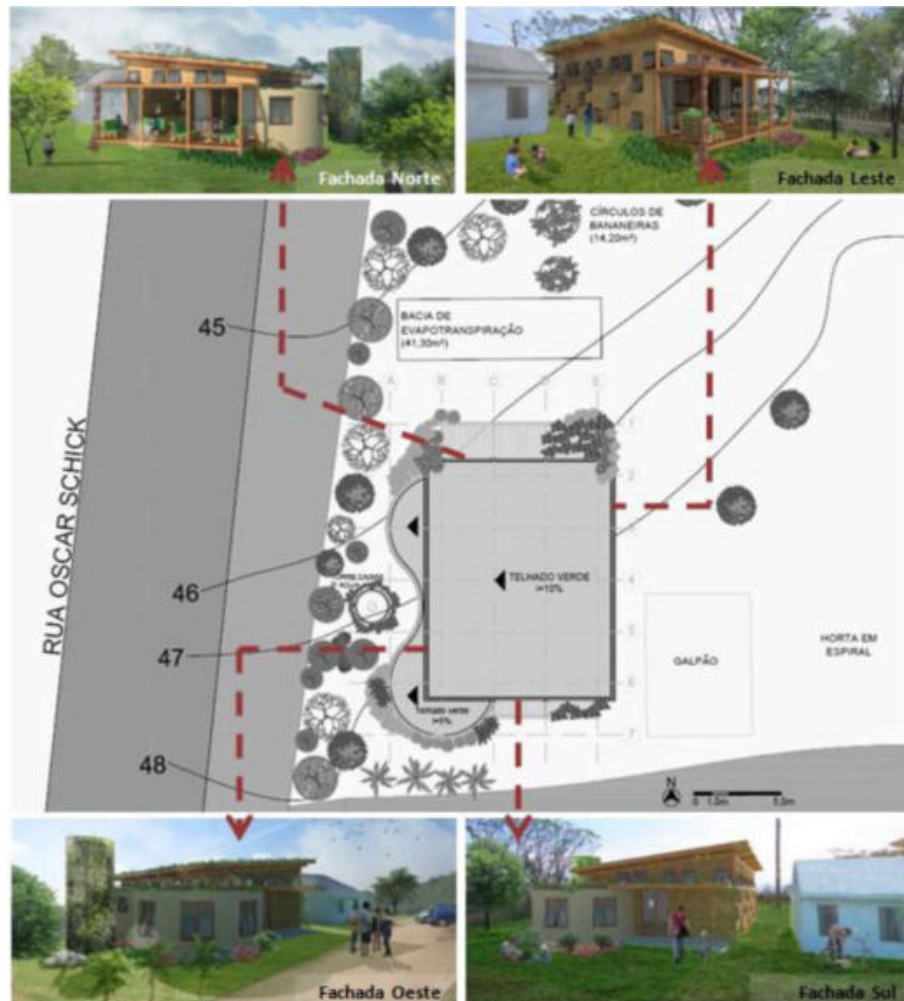


Figura 2. Planta de implantação e fachadas do CEAA.

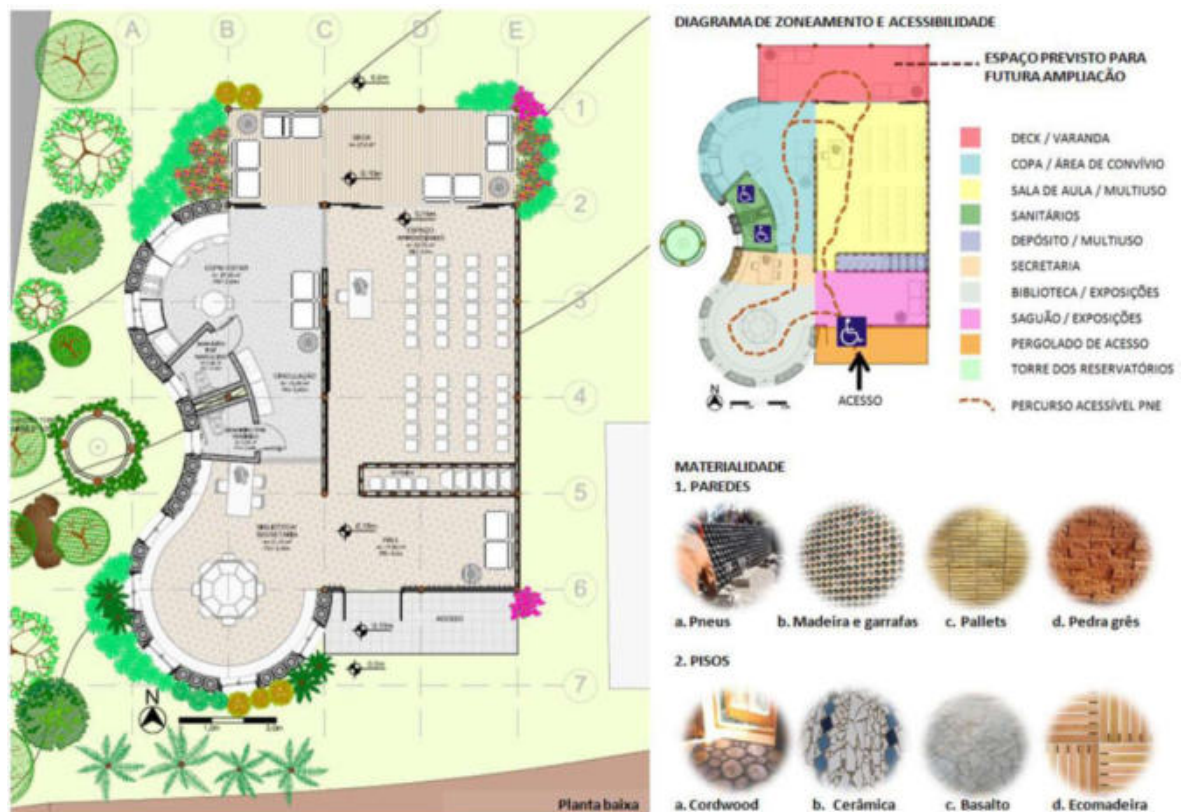
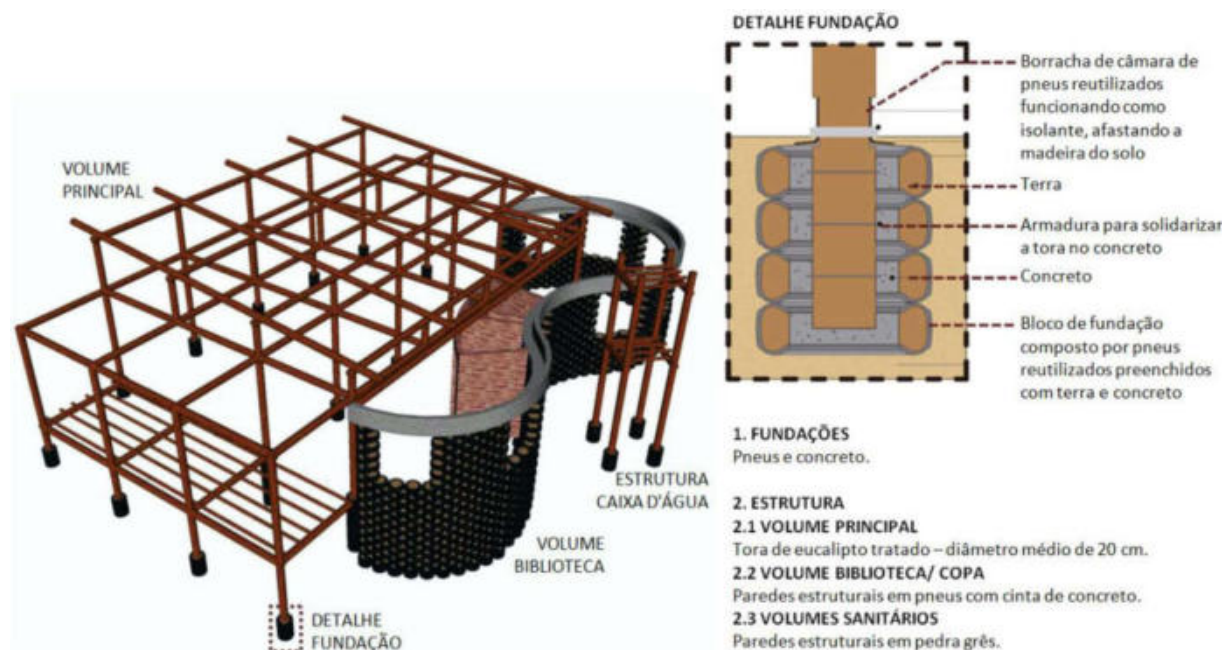


Figura 3. Planta baixa, diagrama de zoneamento e de acessibilidade.



A Figura 4 ilustra, de maneira esquemática, a estrutura do CEAA. A escolha do uso de pneus busca atender à demanda da Secretaria, em reaproveitar os materiais disponíveis no terreno, remanescentes das antigas ocupações do mesmo. Para tanto foi proposta sua aplicação, tanto nas fundações, como no volume orgânico da edificação. Os pneus da fundação são preenchidos com solo de escavação e concreto, sendo posicionada uma armadura de aço para solidarizar a tora de eucalipto aos demais componentes. Para a estrutura do volume principal de pilares e vigas foram utilizados toras de eucalipto tratado, com diâmetro médio de 20 cm.



**Figura 4.** Representação esquemática do sistema estrutural e detalhe da fundação.

Para as vedações verticais foram definidas quatro opções: (i) parede estruturada em chapas de madeira, com perfurações para a inserção de garrafas de vidro reutilizadas, no plano vertical do acesso principal da edificação, de modo a promover iluminação natural difusa e um efeito decorativo de impacto; (ii) parede estruturada em módulos compostos por painéis de pallets, preenchidos com isolantes termo-acústicos e revestidos internamente com chapas de OSB, com planos verticais na fachada norte e leste, e nas divisórias internas móveis e fixas; (iii) parede estruturada de pneus empilhados, contraventados, preenchidos com solo do local, reforçados pontualmente com barras de aço e revestida com “reboco natural”, à base de terra; (iv) pedra grês, abundante na região, no volume da área molhada dos sanitários. Acima da parede estruturada de pneus foi prevista uma cinta em concreto, para apoiar a estrutura do telhado verde.

Nos pisos internos do volume principal foi empregada uma técnica conhecida como *Cordwood Flooring*, que se baseia na utilização de discos de madeira para compor o piso. Neste sentido, previu-se a utilização dos discos de madeira extraídos das paredes. Para as áreas dos sanitários e da copa foi definida a opção de piso, compondo-se mosaicos de peças cerâmicas de demolição. No piso do acesso principal foi proposto um piso de basalto, pedra também abundante na região, que apresenta bom desempenho frente ao escorregamento e durabilidade. E, por fim, para o deck externo foi definido a ecomadeira, produto que incorpora plástico em sua manufatura.

As esquadrias foram projetadas com estrutura de madeira e vidro transparente, em todas as fachadas. Todas foram projetadas para serem facilmente operadas pelo usuário, permitindo que ele ajuste a abertura para circulação do ar. As esquadrias superiores permitem ventilação higiênica, em todas as estações do ano, e estão localizadas na direção de maior

fluxo dos ventos - sentido leste-oeste; e a diferença de alturas das esquadrias também permite que o usuário configure a ventilação convectiva. O vidro transparente permite a entrada de luz solar em abundância, reduzindo o consumo energético de iluminação. Na fachada norte, para reduzir o excesso de radiação solar direta, foi previsto, como elemento de proteção externo, uma pérgola de madeira que se projeta sobre o deck. Para os momentos em que é necessário reduzir a iluminação no interior da sala, para maior privacidade ou escurecimento dos ambientes podem ser utilizados painéis móveis de pallets e também é possível o uso de cortinas internas. Para valorizar a localização do projeto e a integração com a natureza, as visuais para o exterior foram priorizadas por meio do uso de janelas com peitoril baixo, permitindo ampla visualização do exterior para as pessoas que estiverem sentadas.

#### **2.4. Sistemas complementares**

Seguindo os preceitos de design regenerativos de Lyle (1994), foram adotadas estratégias de projetos que respeitem os fluxos dos ecossistemas naturais. Segundo Lyle (1994), “o ciclo da água está entre as invenções mais elegantes e duradouras da natureza”. Lyle ainda destaca que o armazenamento de água é um instrumento essencial. Um armazenamento adequado e controle na taxa de uso, conforme seja requerida a sua reposição tornam este sistema equilibrado e sustentável. Com o uso de estratégias de design regenerativo de captação de água, respeitando parte desse ciclo, podem se obter soluções para problemas urbanos, como os de drenagem, e obter demais vantagens. Ferreira e Moruzzi (2007) destacam ainda que, quando utilizados telhados verdes para a captação da água da chuva, os benefícios são potencializados, pois: são capazes de reter o volume d’água em 10-35%, durante a época chuvosa, e em 65-100% durante a época seca; além disto reduzem os picos de escoamento em chuvas intensas, auxiliando no controle da taxa de drenagem urbana em até 45%; auxiliam na manutenção e troca de temperatura entre meio externo e interno; melhoram a qualidade da água, pois retêm a deposição atmosférica; filtram o ar; além de amortecer ruídos.

Dessa maneira, a estratégia adotada para o projeto do CEEA foi o uso combinado de telhado verde com captação de água da chuva, prevendo-se o seu uso. De acordo com o plano de necessidades, o sistema todo foi dimensionado a fim de atender às descargas das bacias sanitárias e a rega de plantas dos jardins nas proximidades do CEEA. Isto porque, segundo o IPT (2015), um sistema usual de tratamento das águas claras (provenientes da chuva) não atende às exigências para uso de higienização, não se permitindo o uso da mesma em torneiras de banheiro ou/ e pia.

Seguindo os preceitos citados, optou-se por se considerar o tratamento da água, para que ela retorne ao ciclo local. Os sistemas convencionais de tratamento e disposição de esgoto são comprovadamente ineficientes no tratamento dos resíduos líquidos gerados pelo homem, visto que interferem de forma a acentuar a sua degradação no ciclo hidrológico (Lyle, 1996). Conforme Ercole (2003), um sistema que trate as águas servidas no local, e permita o aproveitamento dos poluentes destas águas na forma de insumos para a produção vegetal, devolvendo-as, purificadas para o ciclo hidrológico, pela evapotranspiração e infiltração no solo, certamente é mais sustentável que a maioria das soluções hoje adotadas. Desta forma, foram adotadas duas estratégias, dependendo do nível de qualidade das águas de esgoto doméstico:

Para as águas negras, ou seja, para as águas de efluentes de vaso sanitários (MAY, 2009), foi escolhido a bacia de evapotranspiração. Neste sistema, o tratamento do esgoto é realizado por plantas, principalmente bananeiras, mamoeiros, caetés, etc, que consomem os nutrientes da digestão anaeróbia realizada por bactérias. Para esta bacia, sugeriu-se a construção com pneus e entulho de obras reutilizáveis, além de ferro cimento, brita, areia, e terra adubada (IPOEMA, 2011). Já, para as águas cinzas, ou seja, águas residuárias

provenientes de chuveiros; lavatórios; máquinas e tanques de lavar roupas e pias (MAY, 2009) foi escolhido o círculo de bananeiras. Os círculos funcionam de maneira similar à bacia de evapotranspiração, porém em dimensões menores. Neste caso, a construção sugerida é com base em uma escavação realizada no próprio solo, preenchida com material orgânico (troncos e galhos grossos de árvores) e um canteiro adubado onde podem ser cultivadas as bananeiras, ou outras árvores que oferecem subprodutos florestais (IPOEMA, 2011).

### 3. METODOLOGIA DA ANÁLISE

A análise das diretrizes de sustentabilidade do projeto do CEAA foi realizada a partir dos padrões propostos por Christopher Alexander. O autor desenvolveu 253 padrões ou parâmetros projetuais para a humanização do espaço construído, abordados no volume 1, *The Timeless Way of Building*, e no volume 2, *A Pattern Language: Towns - Buildings - Construction*, dois volumes integrantes de uma mesma obra. No primeiro volume há instruções para o uso da linguagem para criar uma edificação ou cidade, e, no segundo, há o agrupamento dos padrões em temáticas específicas, de acordo com a sua escala e a descrição detalhada de cada um. Os padrões estão organizados de forma linear, iniciando por áreas maiores e chegando ao nível do detalhe: regiões, cidades, bairros, conjuntos de edificações, edificações, ambientes e nichos, e finalizando com os detalhes construtivos. Quando os padrões são combinados, juntos eles compõem uma linguagem. De acordo com o autor, nenhum padrão é uma entidade isolada; portanto, cada um se relaciona com padrões de maior escala ou mais abrangentes. Tratando-se de uma única edificação e seu entorno, a leitura é dividida em duas etapas: Concepção do projeto arquitetônico, e elementos de construção. A primeira, inicia nos padrões relacionados à determinação da posição da edificação, de acordo com a natureza do terreno e demais condicionantes ambientais; passa pelos padrões referentes a espaços externos e internos, configurados juntos; padrões relacionados às relações internas da edificação; padrões que se referem à amarração do interior ao exterior da edificação, tratando a interface entre os dois espaços como um lugar em si; aqueles relacionados ao arranjo dos jardins e sua implantação; ambientes secundários e nichos agregados; e calibração do formato e dimensões dos ambientes. A segunda etapa, abrange os grupos de padrões referentes à geração da estrutura, em função da concepção da edificação; ao arranjo estrutural completo; fundações; aberturas; revestimentos; detalhes e ornamentos.

### 4. RESULTADOS:

Os conceitos propostos por Alexander (2013) tratam de uma linguagem ambiental de características holísticas, pois os padrões ultrapassam os requisitos formais e contextuais, expresando, também, relações sócio-espaciais (ANDRADE, 2011). Neste trabalho, foi proposta uma leitura do projeto para o CEAA por meio dos conceitos de Alexander (2013). Os padrões de Alexander incorporados ao projeto do CEAA foram os padrões listados na Tabela 1 e descritos na Figuras 5.

Tabela 1. Lista de padrões do Christopher Alexander identificados no CEAA.

Grupo	Padrão	Descrição
1	104. Edificação melhorando o sítio	Considerar o terreno e suas edificações como um ecossistema vivo e unitário (valorização da vista)
	105. Orientação solar para espaço externo	Implantar a edificação ao sul, permitindo que o espaço externo fique ao norte (varanda a norte, valorização da vista)
	107. Alas para luz natural	Evitar ambientes com profundidades maiores que 7,5 m.
2	110. Entrada Principal	A entrada principal deve ser posicionada em um local visível, com forma forte e de destaque (Está localizada na via de acesso ao Parque)
	112. Espaço de transição	Espaço entre a rua e a entrada marcado por uma mudança. (de desnível e de superfície)
3	128. Luz do sol no interior	Distribuir os ambientes principais ao longo da fachada norte
	130. Ambiente de entrada	Hall (ambiente com pouco mobiliário) e varanda definem o limite entre interior e exterior
	131. Circulação através dos cômodos	Evitar uso de corredores, criar circulação direta entre os ambientes proporcionando um circuito pela edificação
	135. Mosaico de luz e sombra	Alterar áreas de diferentes níveis de luminosidade (parede com garrafas provoca uma luminosidade diferente das demais áreas)
4	159. Iluminação natural vinda de dois lados - cada ambiente	Pessoas tendem ocupar ambientes iluminados por mais de um lado (Todos ambientes possuem)
	160. Bordas da Edificação	Tratar a interface da edificação com o exterior como um lugar.
	161. Lugar ensolarado	Proporcionar um local ensolarado entre a edificação e a área externa para as pessoas permanecerem (varanda ao norte)
	162. Fachada sul;	Formar uma cascata que desce gradualmente até o solo para reduzir a sombra da edificação. (Diferenças de altura entre os volumes)
	163. Sala de estar externa	Espaço externo bem definido com colunas, pérgolas, treliças... (varanda é definida por colunas e pergolado)
	166. Varandas e galerias	Construir elementos em volta da edificação e conectá-los aos ambientes internos principalmente quando voltados para espaços públicos. (varandas, a sul principalmente)
5	172. Jardins espontâneos	Deixar plantas crescerem mais próximo a como elas se desenvolvem na natureza, sem vasos e sim com barreiras feitas de pedras e tijolos
6	180. Lugar junto à janela	Espaço para passar tempo, colocar assentos ao lado delas
7	190. Pés-direito variáveis	As alturas de pé-direito devem ser variadas para criar diferenças entre ambientes
	192. Janelas voltadas para a vida lá fora	As janelas devem ser grandes suficientes e bem posicionadas para mostrar a vista no exterior

Grupo	Padrão	Descrição
8	205. Estrutura congruente aos espaços habitáveis	Distribuir elementos estruturais de acordo com os espaços habitáveis da edificação
	206. Estrutura eficiente	A estrutura é pensada para esta interação, logo, são definidos os espaços sem que a estrutura interfira
	207. Materiais apropriados	Os materiais são sustentáveis; foram escolhidos a medida que são funcionais para a estruturação da edificação, mantendo o padrão 205
	208. Enrijecimento gradual	A estrutura inicial deve ser leve, e gradualmente envolta e composta por materiais que enrijessem a construção;
9	209. Sistema da cobertura	Os telhados devem representar o propósito social da edificação, e as dimensões deles devem seguir a mesma premissa
	211. Espessamento das paredes externas	As paredes externas devem ser largas, para que recebam bancos e prateleiras internas; Parede biblioteca
	212. Pilares nas quinas	Os pilares da estrutura devem estar posicionados nas quinas dos cômodos, permitindo que o espaço de molde ao usuário (205)
10	214. Pilares contínuos com as sapatas.	As fundações devem ser uma sequência do pilar, se estendendo ao chão e criando um sistema integral com o solo
11	221. Portas e janelas naturais	As esquadrias deve estar em posições e tamanhos pensados para que interajam com o espaço externo
	222. Peitoril baixo	As janelas devem ter altura baixa, para que permitam o contato com o espaço externo
	225. Batentes com bordas engrossadas	A composição de janelas e portas devem considerar as esquadrias como parte integrante da estrutura, não apenas como aberturas; porta principal composta com a parede como um todo
12	233. Zonas de piso	Os ambientes devem ter pisos diferentes, para distinguir espaços públicos de espaços privados, considerando a maciez do material de cada ambiente
	235. Paredes com faces internas suaves	Fazer paredes que sejam convidativas e confortáveis ao toque
	236. Janelas que se abrem totalmente	Algumas janelas devem ter abertura amplas, e devem ser abertas para um espaço externo agradável ao usuário
13	241. Posicionamento dos bancos externos	Devem se escolher lugares para se sentar no espaço externo que estejam em locais agradáveis
	246. Trepadeiras	Em lugares ensolarados, deixar espaço para o crescimento de trepadeiras
14	250. Tons de terra	Adicione cor a decoração e faça a luz interior viva e aconchegante





Figura 5. Diagrama ilustrativo da aplicação dos padrões de Alexander no CEAA.

## 5. DISCUSSÕES:

Do estudo e utilização dos padrões de Alexander resultou num total de 36 padrões identificados na implantação do CEAA. Quanto aos padrões de design, foram identificados 19 padrões. Já, em relação aos padrões referentes à geração da estrutura, foram identificados 17 padrões. Os resultados indicam que as decisões projetuais estão vinculadas a aspectos de construções sustentáveis, que neste projeto dão especial foco à relação entre os espaços internos e externos. As varandas propostas são elementos que se destacam dentro da leitura do projeto por meio dos conceitos de Alexander (2013). Dos 36 padrões identificados, 10 estão diretamente relacionados a elas, reforçando as relações entre proposta, contexto e usuários.

Relacionados à Natureza do Terreno e Condicionantes Ambientais. Identificou-se o atendimento de consideração do terreno e suas edificações como um ecossistema vivo e unitário (Padrão 104); a implantação da edificação ao sul, permitindo a localização da varanda a norte e valorização da vista (Padrão 105); e que se criem ambientes com profundidades maiores que 7,5 metros (107). Em relação ao espaço externo e interno, percebe-se que a entrada principal está localizada na via de acesso ao Parque, em um local visível e de destaque (110); e também se nota a consideração de um espaço entre a rua e a entrada, marcado por um desnível e mudança de superfície (112). Quanto às relações internas da edificação, a edificação se encontra alongada entre os eixo norte-sul (128); existe um Hall, com pouco mobiliário, e uma varanda definindo o limite entre interior e exterior (130); foram evitados corredores, por meio de circulação direta entre os ambientes proporcionando um circuito pela edificação.

As escolhas tratam o espaço externo com uma unidade só a ser atendida, por exemplo, com jardins e vegetação naturais, em estratégias com o uso combinado de tratamento de águas negras e residuais, que atendem ao padrão 172. Da mesma forma o espaço interno é concebido com cuidados em relação ao revestimento e pisos internos, que foram escolhidos de maneira a acolher e interagir com o usuário, atendendo aos padrões 233 e 235. Ainda,

existe um cuidado com as interações entre espaço interno e externo, e do usuário com estes espaços, como um todo, propiciado pelas diferentes técnicas utilizadas na composição das paredes, fundações e telhado. As mudanças de espessura, materialidade e forma nas paredes tornam o ambiente aconchegante e convidativo, como descrito no padrão 235, e ainda tem esquadrias especiais, que permitem uma diferente visão do Jardim Botânico, em cada uma das fachadas (padrões 222, 223 e 225).

A análise aponta que projetos que se baseiam em estratégias regenerativas contemplam de maneira positiva e integrada aspectos ambientais, sociais e econômicos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A indústria da construção civil é um dos setores que mais geram impactos ambientais. Tal cenário é incompatível com a capacidade regenerativa da Terra. O presente trabalho analisa como as decisões projetuais, a partir dos padrões de Alexander, podem influenciar na definição de um projeto com menor impacto socioeconômico e ambiental, dotando-o de potencial regenerativo. O estudo de caso do Centro de Educação Ambiental de Alvorada foi premiado com o segundo lugar no Prêmio de Sustentabilidade em Projeto, no VI Encontro de Sustentabilidade (ENSUS 2018). O projeto foi apresentado e suas estratégias detalhadas para a melhor identificação dos padrões.

A análise das diretrizes sustentáveis do projeto do CEAA foi realizada a partir dos 253 padrões ou parâmetros projetuais para a humanização do espaço construído, de Alexander (2013). Combinados, eles compõem uma linguagem. Tratando-se de uma única edificação e seu entorno, a leitura foi dividida em duas etapas: concepção do projeto arquitetônico e elementos de construção. Foram identificados um total de 36 padrões: 19 padrões de design, e 17 padrões referentes à geração da estrutura. Os autores entendem que os Padrões de Christopher Alexander, utilizados como referência na busca por soluções projetuais para o estudo realizado, contribuíram significativamente para a qualificação do produto final, seja do ponto de vista estético, seja pela criação, como que de um "instrumento didático", de relativamente baixo custo econômico. Se a isto forem somadas as preocupações de minimização de impactos ambientais, as estratégias projetuais inspiradas pelos Padrões para a materialização do Centro, terão condições de otimizar sua função de educação ambiental, tanto daqueles envolvidos em sua execução, como de seus futuros usuários, assim como, também, desempenhar uma função social junto à sociedade, não restrita apenas à população local.

Por fim, os autores salientam que outra etapa importante a ser desenvolvida em trabalhos futuros é a Avaliação Pós-Ocupação (APOS) da edificação, verificando a percepção dos usuários, bem como, a eficácia dos padrões de Alexander para um edifício que contemple de maneira positiva e integrada aspectos ambientais, sociais e econômicos - tripé da sustentabilidade.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexander, C; Ishikawa, S; Silverstein, M; Jacobson, M; Fiksdahl-King, I; Angel, S. *Uma Linguagem de Padrões. (A Pattern Language)*. Porto Alegre, Bookman, 2013.
- Andrade, L. M. V. (2011) *Construção e Abertura: Diálogos Christopher Alexander - Jean Piaget. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.*
- Antón, L. Á.; Díaz, J. *Integration of LCA and BIM for Sustainable Construction. International Journal of Civil and Environmental Engineering, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 1378–1382, 2014. Disponível em: <<http://waset.org/publications/9998219>>. Acesso em: 19 out. 2018.*
- Bribián, I. Z.; Capilla, A. V.; Usón, A. A. *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement*

- potential. *Building and Environment*, [s. l.], v. 46, n. 5, p. 1133–1140, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310003549>>. Acesso em: 19 out. 2018.
- Ercole, L. A. S. (2003). *Sistema Modular de Gestão de Águas Residuárias Domiciliares: Uma Opção mais Sustentável para a Gestão de Resíduos Líquidos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
  - Ferreira, C. A.; Moruzzi, R. B. *Considerações sobre a aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistemas de aproveitamento para fins não potáveis*. ENCONTRO NACIONAL, v. 4, 2007.
  - IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Kristin Seyboth (USA). Genebra, Suíça: Gian-Kasper Plattner, 2014. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>. Acesso em: 19 out. 2018.
  - IPOEMA. (2011). *Tecnologia Social Água Sustentável Gestão Doméstica dos Recursos Hídricos*. Instituto de Permacultura - IPOEMA.
  - Irribarren, D. et al. *Life cycle assessment and data envelopment analysis approach for the selection of building components according to their environmental impact efficiency: a case study for external walls*. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 87, p. 707–716, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614011160?via%3Dihub>>. Acesso em: 16 ago. 2018.
  - Lyle, J. T. *Regenerative Design for Sustainable Development*. John Wiley & Sons. New York, 1994.
  - May, S. (2008). *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. São Paulo.
  - Zanella, L. *Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico]* / Luciano Zanella. -- São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015

## 8. AGRADECIMIENTOS

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Alvorada e a seus funcionários pela colaboração neste trabalho e por todo tempo e empenho destinado a sanar dúvidas. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pelo apoio.

## POTENCIAL DE USO DO RESÍDUO DE VIDRO NA COMPOSIÇÃO DO CONCRETO

*Patryck Machado de Almeida (patryckdealmeida@gmail.com); Ingrid Scaramussa Colombi Guidi (scgingrid@gmail.com); Cristina Engel de Alvarez (engelalvarez@hotmail.com); Cláudia Rodrigues Teles (clauteles@hotmail.com); Jéssica de Mello Machado (jessicadmm@hotmail.com)*

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Brazil

**Palavras chave:** Resíduo de vidro, Concreto, Reciclagem de vidro

*O aumento populacional não acompanhado de uma política de mudança na cultura do desperdício tem como uma de suas principais consequências o aumento da geração de resíduos. Em paralelo, a indústria de reciclagem não acompanha esse crescimento, fazendo com que o desperdício de materiais e a destinação incorreta dos mesmos ocasionem graves danos ao meio ambiente e riscos à saúde e bem estar da população. No entanto, embora o setor da construção civil seja um grande consumidor de matérias primas, ele também é capaz de absorver diversos resíduos em grandes quantidades. Nesse sentido, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o uso de resíduos de vidro moído na produção de concreto por meio de substituição parcial de areia e/ou de cimento. Para o estudo foram analisados ensaios de resistência à compressão, granulometria, absorção de água e índice de vazios. Conclui-se que a utilização do resíduo de vidro moído é eficaz em ambas as substituições, porém em diferentes porcentagens. Ressalta-se a importância da realização de uma correta gestão e uso dos resíduos, e a necessidade de incentivo dos órgãos públicos a fim de potencializar seus efeitos e contribuir para o desenvolvimento sustentável.*

### 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é um importante campo de desenvolvimento econômico e social do Brasil, todavia, este setor consome grande volume de matérias primas, recursos naturais e energia. Em contrapartida ao elevado consumo, este setor é responsável por absorver expressiva quantidade de resíduos para reaproveitamento. Um dos resíduos que se enquadra neste cenário é o de vidro, podendo ser utilizado na elaboração de diversos produtos, desde materiais cimentícios, cerâmicos, até a construção de rodovias.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental do Estados Unidos (EPA), aproximadamente 5% das emissões de CO<sub>2</sub> de origem humana no mundo provêm da produção de cimento, sendo o Brasil, até 2010, responsável por 1,4% das emissões (EPA, 2010).

Sendo assim, observa-se nos últimos anos um aumento no consumo de recursos naturais e energia, ocasionando preocupações relacionadas à limitação de diversos recursos e a elevada emissão de CO<sub>2</sub> no planeta. Diante desse contexto, percebe-se um efetivo incremento nos estudos relacionados ao consumo consciente, bem como a busca por soluções tecnológicas e processos produtivos distintos aos tradicionais, visando mitigar o uso de recursos naturais. Uma dessas soluções é a utilização de resíduos de vidro na produção de concreto (GUIGNONE, 2017).

De acordo com Lee (2013), o significativo aumento populacional tem como uma de suas consequências o aumento da geração de resíduos, sendo especificamente a gestão dos resíduos vítreos um problema expressivo enfrentado por muitas cidades do mundo. A



indústria de reciclagem não consegue acompanhar o elevado consumo de resíduos, fazendo com que o desperdício de materiais e a destinação incorreta dos mesmos ocasionem graves danos ao meio ambiente e riscos à saúde e bem estar da população. Segundo a Abvidro (2013), no Brasil, o procedimento de reciclagem do vidro contempla apenas 49% da parcela total de vidro no país.

O Brasil produz em média 980 mil toneladas de vidro por ano e usa cerca de 45% da matéria-prima reciclada a partir de cacos, sendo parte dessa reciclagem proveniente de refugo da própria indústria (CEMPRE, 2017). Entre outros aspectos, ressaltam-se como vantagens do aumento da reutilização do vidro, a redução dos custos de coleta urbana e o aumento da vida útil dos aterros sanitários.

Os resíduos de vidro que são desperdiçados ocupam amplo espaço nos aterros (Figura 1), uma vez que o vidro é um material não biodegradável (JANI; HOGGLAND, 2014). Uma gestão incorreta ou inexistente de resíduos reflete na redução da saúde da população, na degradação dos recursos naturais – especialmente no solo e nos recursos hídricos –, além de afetar parte da população, que obtêm nos resíduos a sua sobrevivência (CHAVES, 2012).



Figura 1. Aterro de resíduo de vidro. Fonte: OS do vidro. (2018)

Conforme a resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, o resíduo de vidro é classificado como “Classe B”, e deve ser reutilizado, reciclado ou encaminhado para áreas de armazenamento temporário, sendo disposto de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura, não obstante esse procedimento de destinação, na maioria dos casos, não seja realizado (CONAMA, 2002).

Diversas pesquisas são realizadas para a utilização do resíduo de vidro moído em concreto, utilizando-o como substituição parcial do agregado miúdo (Figura 2), agregado graúdo, aditivo para concretos especiais e substituição parcial do cimento.





Figura 2. Vidro moído como agregado miúdo. Fonte: Sousa. (2016)

Dessa forma, esta pesquisa teve por objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso do resíduo de vidro moído como substituição parcial de areia e cimento no concreto, e comparar os resultados encontrados com diversos percentuais de substituição.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia adotada para a realização da pesquisa foi dividida em pesquisa bibliográfica e análise qualitativa dos resultados.

Para a etapa de pesquisa bibliográfica foram utilizadas as bases de dados Scopus e Web of Science, a ferramenta de busca Google Scholar, além dos repositórios das universidades. Foram analisadas bibliografias nacionais e internacionais, relacionadas ao uso de resíduo de vidro moído como substituição parcial da areia e do cimento no concreto. Embora tenha sido dada ênfase aos artigos científicos publicados em periódicos, também foram analisados trabalhos acadêmicos como teses e dissertações a respeito do tema.

Após o levantamento bibliográfico, foi realizada análise dos resultados por meio de textos, gráficos e tabelas, avaliando o comportamento das amostras e os respectivos resultados de cada autor, relacionados aos ensaios de compressão, granulometria, abatimento, absorção de água e índice de vazios. Por fim, realizou-se a conclusão das análises realizadas.

## 3. PROPRIEDADES E CARACTERIZAÇÃO DO VIDRO

O vidro é caracterizado como uma substância inorgânica, homogênea e amorfa, tendo como principais qualidades a transparência e a dureza. Assemelha-se a dois estados da matéria, o líquido e o sólido, resultando na definição do estado vítreo (AKERMAN, 2000).

A partir do processo de moagem do vidro as partículas apresentam forma angular, podendo apresentar formatos planos e alongados, todavia, quanto mais as partículas são moídas, menores serão seus ângulos (RASHAD, 2014).

Obtido pelo resfriamento de uma massa sílica em fusão, o vidro possui substâncias inorgânicas e amorfas (AKERMAN, 2000). Sua fabricação pode ocorrer de diversas formas, entre elas, pela mistura da sílica (óxido de silício), dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de sódio (Tabela 1), elevados à altas temperaturas que podem chegar a  $1600^\circ\text{C}$  (JANI, HOGLAND, 2014).

Tabela 1. Composição química do vidro, elaborado a partir de Silva et al. (2011)

Composto	(%)
SiO <sub>2</sub>	72
Na <sub>2</sub> O	14
CaO	9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,7
MgO	4
K <sub>2</sub> O	0,3

É sabido que o vidro pode ser produzido com diversas colorações e formas assim, levando em consideração sua composição química, estas propriedades podem dificultar o reaproveitamento em algumas situações específicas (MOHAJERANI *et al.*, 2017).

Observa-se que o vidro é um material que apresenta fragilidade, porém, essa característica não o torna fraco, apresentando grande resistência à ruptura, rigidez e dureza, embora não seja tenaz, não possibilitando o seu uso em locais sujeitos à impactos (AKERMAN, 2000).

Quanto a região elástica, o vidro apresenta comportamento semelhante ao do aço, uma vez que retorna ao estado inicial após sofrer tensões. Este material não se deforma plasticamente à temperatura ambiente, e ao ser solicitado além do limite de resistência, se rompe sem dar sinais anteriores, detectando o limite de resistência semelhante ao limite de ruptura (AKERMAN, 2000).

As propriedades químicas do vidro influenciam nas características mecânicas e estruturais do mesmo, dependendo da concentração dos componentes utilizados na produção (AKERMAN, 2000).

#### **4. RESÍDUO DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA NO CONCRETO**

Os resultados obtidos pelos trabalhos que utilizaram a substituição parcial de areia no concreto são descritos de forma sintetizada nos itens a seguir, destacando-se os resultados mais expressivos de casa ensaio.

##### **4.1. Resistência à compressão**

Na figura 3 é possível visualizar os resultados dos ensaios de resistência à compressão para as pesquisas selecionadas. Verifica-se que a substituição, principalmente até 25%, da areia por resíduo de vidro, apresenta índices de resistência à compressão satisfatórios, quando comparados ao concreto de referência sem a substituição.

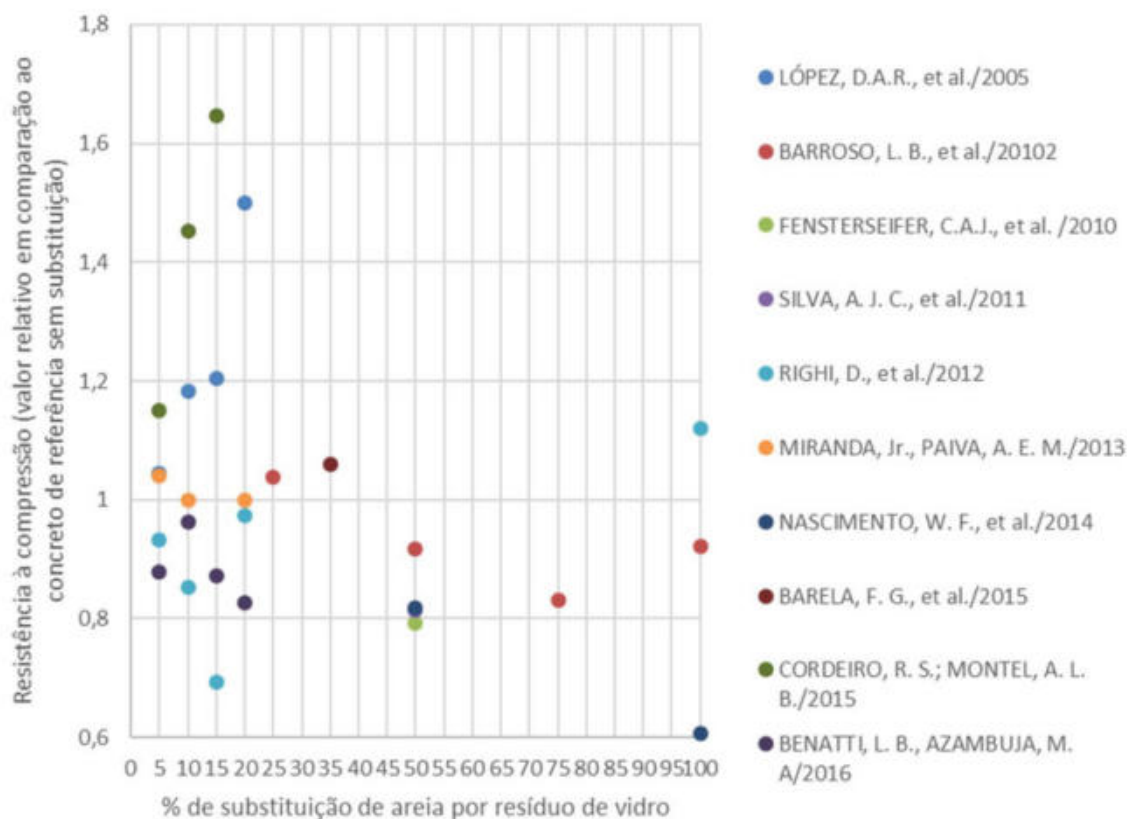


Figura 3. Resultados para a resistência à compressão do concreto com substituição parcial da areia por resíduo de vidro

Dentre as referências consideradas, destaca-se López *et al.* (2005) que identificaram que os traços com resíduo obtiveram maior resistência comparados ao traço de referência, dando destaque à amostra com 5% de resíduo que suportou 57% a mais para compressão que o concreto sem resíduo.

Na pesquisa de Barroso *et al.* (2010), foram elaboradas cinco diferentes composições, com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de substituição de areia por resíduo. Após os 28 dias definidos em norma, foram realizados os ensaios e detectou-se que apenas a amostra com 75% obteve média inferior à amostra de referência. Ressalta-se que esse resultado mantém-se no desvio padrão aceitável, viabilizando assim o uso dos resíduos de vidro moído na substituição da areia no concreto, com melhores resultados considerando a substituição de até 25%.

Cordeiro e Montel (2015) também identificaram elevado desempenho nos corpos de prova com adição de resíduo de vidro. Para estes autores, o aumento da resistência à compressão nessas amostras está associado a redução do índice de vazios das peças, consequentemente elevando a sua resistência.

#### 4.2. Granulometria

Alguns autores realizaram testes de granulometria, a fim de verificar qual dimensão do resíduo de vidro é a mais apropriada para utilização no concreto. Destaca-se López *et al.* (2005) que realizaram testes a fim de identificar a granulometria ideal, obtendo como resultado que o melhor intervalo granulométrico é de 0,15-0,30mm. O aumento da resistência à compressão com essa faixa granulométrica do resíduo se deve ao fato de que o agregado com dimensões menores é capaz de preencher maior número de vazios, reduzindo a porosidade do concreto.

### 4.3. Abatimento

Com relação ao abatimento, López *et al.* (2005) apontam que conforme o percentual de substituição de areia por vidro é aumentado, o abatimento se torna menor. Essa situação é explicada devido às dimensões do resíduo utilizado serem menores do que as do agregado miúdo natural, utilizando-se maior quantidade de água para hidratar as partículas, causando assim, redução do abatimento quando se utiliza o mesmo valor de relação água/cimento.

No caso da pesquisa de Silva *et al.* (2011), a alteração do resultado do teste de abatimento foi inferior, devido às dimensões do resíduo de vidro serem similares às dimensões do agregado miúdo, tornando assim a hidratação e consistência parecidas com a do concreto de referência.

### 4.4 Absorção de água e índice de vazios

A absorção de água e índice de vazios interferem na resistência e durabilidade do concreto, ou seja, quanto menor esses índices, melhor é a qualidade do material e maior é sua massa específica. Miranda e Paiva (2013) observaram que o índice de vazios do concreto é menor na medida que é substituído o agregado miúdo natural pelo resíduo de vidro. Essa situação é explicada porque a granulometria do resíduo de vidro é menor do que a da areia natural.

López *et al.* (2005) indicam que a redução da porosidade do concreto e absorção de água aumenta a durabilidade do material e, conseqüentemente, leva ao aumento da proteção contra corrosão do aço utilizado, apontando assim mais um ponto positivo para o uso de resíduo de vidro como material de substituição no concreto estrutural.

Entretanto, Benatti e Azambuja (2016) ensaiaram cinco proporções diferente de inserção de resíduos de vidro, que foram 0%, 5%, 10%, 15% e 20%. As amostras com 5%, 15% e 20% apresentaram aumento de aproximadamente 20% na absorção de água e no índice de vazios comparado ao concreto de referência; e a amostra com 10% de resíduo obteve resultados semelhantes ao traço de controle (0%). O trabalho não indica as dimensões dos resíduos utilizados, que é uma das principais propriedades que interferem nos resultados desses testes.

## 5. RESÍDUO DE VIDRO COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO NO CONCRETO

Os resultados obtidos pelos trabalhos que utilizaram a substituição parcial de cimento no concreto são descritos nos itens a seguir, destacando-se os resultados mais expressivos de casa ensaio.

### 5.1. Compressão

As proporções de resíduos utilizadas nos traços das amostras e a forma como eles são empregados difere entre os autores selecionados. A figura 4 apresenta a síntese dos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos trabalhos analisados.

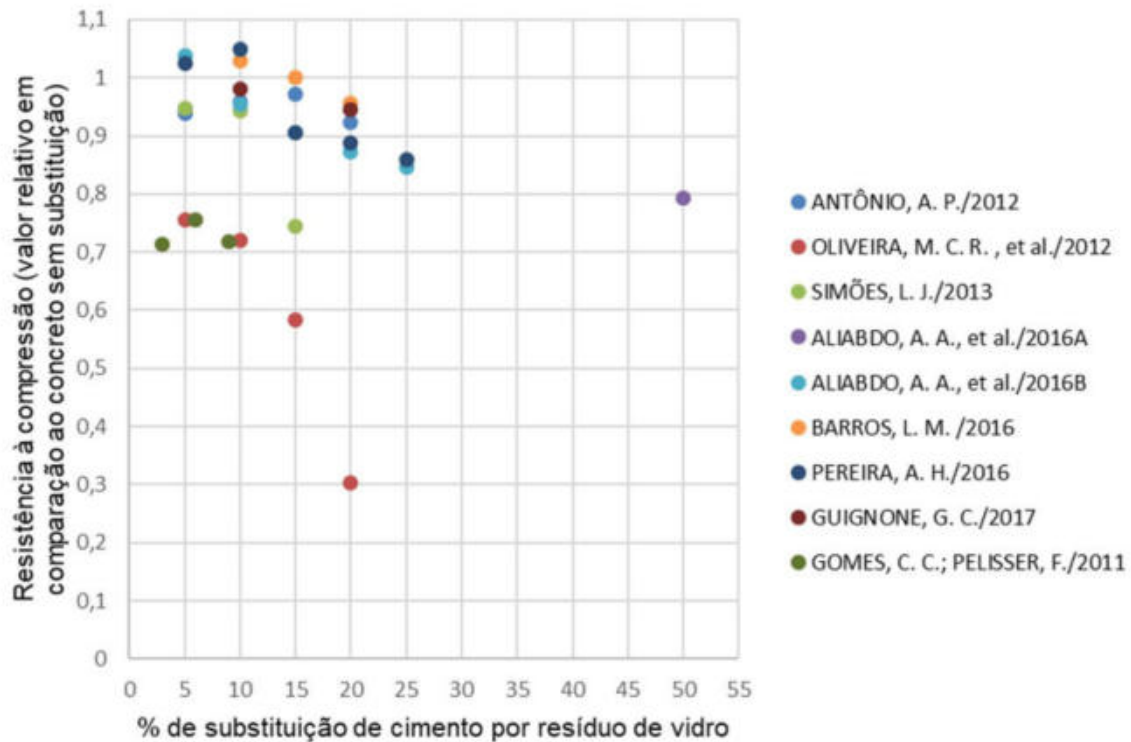


Figura 4. Resultados da resistência à compressão do concreto com substituição parcial do cimento por resíduo de vidro

A partir dos ensaios com diferentes proporções de substituição, Gomes e Pelisser (2011) identificaram que o aumento da resistência não foi significativo, uma vez que todos os corpos de prova não apresentaram variação relevante com relação ao aumento de resistência.

Barros (2016) produziu cinco traços de concreto com vidro em pó, realizando ensaios em cinco etapas de cura, concluindo que as amostras com 15 e 20% obtiveram os menores resultados em todos os ensaios comparados com a amostra de referência. O corpo de prova com 20% de resíduo – com metade de resíduo de vidro e a outra metade com sílica em pó – obteve resultados satisfatórios após 21 dias de cura do concreto, com aumento após 28 dias. Já Aliabdo, Elmoaty e Aboshama (2016) identificaram que amostras com mais de 10% de vidro como substituição do cimento apresentaram redução da resistência à compressão.

Dessa forma, e de acordo com os resultados obtidos pelos autores consultados, pode-se afirmar que a substituição do cimento por resíduo de vidro é possível, desde que a proporção seja inferior a 10%.

## 5.2. Granulometria

Cordeiro e Montel (2015) identificaram que os resíduos com granulometria inferior à 60 µm resultam em produtos que podem ser classificados como pozolânicos, independentemente do tipo de moagem e morfologia da partícula, tornando viável a substituição parcial do cimento pelo resíduo de vidro.

Para Barros (2016), os ensaios granulométricos por peneiras não são suficientes para caracterizar agregados finos, uma vez que as partículas alongadas conseguem atravessar as peneiras menores, da mesma forma que partículas inferiores à 22 µm apresentam elevada dificuldade de serem separadas por peneiras, tornando assim mais eficiente a granulometria à laser, uma vez que é fundamental para o concreto um controle da dimensão das partículas



### 5.3. Abatimento

O uso de pó de vidro em substituição ao cimento não afetou o tempo de ajuste inicial e final da amostra, tendo efeito insignificante sobre os períodos. Todas as peças analisadas por Aliabdo, Elmoaty e Aboshama, (2016) apresentaram expansão máxima dentro do limite de 10mm, não afetando negativamente na solidez dos traços com resíduo, satisfazendo os limites necessários.

Barros (2016) identificou que o resíduo de vidro reduziu o nível de abatimento, devido à menor hidratação das misturas, resultando em menor fluidez, uma vez que foram realizadas a mesma relação de água e aglomerante em todas os concretos.

Para Jamshidi (2016), quando o resíduo de vidro é utilizado como substituição de cimento verifica-se uma reação pozolânica, derivada da reação do hidróxido de cálcio com a sílica amorfa, obtendo-se uma massa coesa e integrada, indicando que o uso do pó de vidro eleva a taxa de dissolução do cimento e a reação de hidratação.

### 5.4. Absorção de água e índice de vazios

Aliabdo, Elmoaty e Aboshama (2016) identificaram que a cada 5% de cimento substituído por resíduo de vidro equivale a, aproximadamente, 0,4% de menos água na mistura. Esse desempenho pode estar associado à baixa absorção de água pelo pó de vidro e à distinta granulometria do resíduo de vidro e do cimento, apresentando assim melhoria das propriedades mecânicas do concreto, devido à menor absorção de água e redução de vazios no concreto.

De acordo com Barros (2016) e demais autores citados anteriormente, as partículas de resíduo de vidro, conforme sua granulometria, podem preencher os vazios não ocupados pelo cimento e pelos produtos de hidratação, permitindo maior encapsulamento e acréscimo da resistência em idades posteriores.

## 6. CONCLUSÃO

A partir das pesquisas analisadas constata-se, em relação à substituição do agregado miúdo natural (areia) por vidro moído, que a substituição de até 20% de areia por resíduo de vidro no concreto apresenta resultados superiores de desempenho, de acordo com os testes realizados e publicados na maioria das bibliografias analisadas, principalmente com relação a resistência à compressão, redução do índice de vazios e absorção de água. Quanto à substituição do cimento pelo resíduo obtiveram os melhores resultados nos testes citados anteriormente as amostras com até 10% de substituição.

A reutilização do resíduo de vidro estabelece um benefício relevante para o desenvolvimento sustentável, pois evita o descarte em locais inadequados e insere os resíduos ao processo produtivo, conseqüente reduzindo a extração de matérias-primas em reservas naturais. Sendo assim, é necessária uma gestão eficiente das diversas formas de resíduos de vidro, para que se alcance a destinação correta e a reutilização dos materiais.

Devido a capacidade de utilização de resíduos pelo setor da construção civil, é importante incentivar a prática através de políticas públicas que devem incluir desde a coleta seletiva até campanhas junto às indústrias de concreto e construtoras em geral, a fim de fomentar o reuso do resíduo de vidro. É importante, também, a elaboração de normas que possibilitem a necessária parametrização técnica e a segurança jurídica para utilização do resíduo de vidro em estruturas de concreto.

Observa-se que para a utilização do resíduo de vidro em concreto estrutural em grande escala, é necessário o estudo do comportamento físico e químico desse material combinado com os demais componentes do concreto.

Com relação à durabilidade, recomenda-se que sejam realizadas pesquisas para a análise do desempenho em ensaios de absorção, capilaridade, carbonatação e ensaio acelerado de ataque de íons cloretos. Torna-se importante também, o início de novas pesquisas simulando os quatro ambientes de agressividade determinados pela NBR 6118/2007.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKERMAN, M. (2000). *Natureza Estrutura e Propriedades do Vidro*, CETEV (Centro Técnico de Elaboração do Vidro).
- Aliabdo, A. A.; Elmoaty, a. E. M. A.; Aboshama, A. Y. (2016). *Utilization of waste glass powder in the production of cement and concrete*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 124, p.866-877.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1983b). *NBR 7211: agregado para concreto: especificação*. Rio de Janeiro.
- Barros, L. M. (2016). *Concreto de alta resistência a partir de matérias primas amazônicas e vidro reciclado*. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos (USP). São Carlos, Brasil.
- Barroso, L. B.; Mohamad, G.; Lopes, M. I. P.; Maciel, A. V. (2010). *Viabilidade tecnológica para o uso do vidro moído em argamassa e concreto*. In: *Anais do 52º Concreto Brasileiro do Concreto*. Fortaleza: IBRACON.
- Benatti, L. B., Azambuja, M. A. (2016) *Reciclagem de vidro como alternativa para concreto*. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 04, n. 26, p. 16-27.
- CEMPRE - Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidro>>.
- Chaves, I. R. (2012). *Benefícios sociais, econômicos e ambientais a partir da gestão de resíduos sólidos urbanos: uma estimativa para o Rio Grande do Sul*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Economia do desenvolvimento). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia (PUCRS). Porto Alegre, Brasil.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 307 92002). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>.
- Cordeiro, R. Dos S.; Montel, A. L. B. (2015). *Estudo da viabilidade para a produção de concretos com adição de resíduos de vidro em substituição ao agregado miúdo na cidade de Palmas-TO*. *DESAFIOS: Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins [S.l.]*, v. 2, p. 104-123.
- Guignone, G. C. (2017). *Desempenho de concretos com a utilização de resíduos da lapidação do vidro como substitutos parciais ao cimento*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico (UFES). Vitória, Brasil.
- Gomes, C. C.; Pelisser, F. (2011). *Propriedades mecânicas do concreto com adição de vidro reciclado*. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/202>>.
- Jamshidi, Ali; Kurumisawa, K.; Nawa, T.; Igarashi, T. (2016). *Performance of pavements incorporating waste glass: The current state of the art*. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 64, p.211-236.
- Jani, Y.; Hogland, W. (2014). *Waste glass in the production of cement and concrete – A review*. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, [s.l.], v. 2, n. 3, p.1767-1775.
- Kozlova, S.; Millrath, K.; Meyer, C.; Shimanovich, S. (2004). *A suggested screening test for ASR in cement-bound composites containing glass aggregate based on autoclaving*. *Cement And Concrete Composites*, [s.l.], v. 26, n. 7, p.827-835.

- Lee, G.; Poon, C. S.; Wong, Y. L.; Ling, T. C. (2013). *Effects of recycled fine glass aggregates on the properties of dry-mixed concrete blocks*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 38, p.638-643.
- López, D. A. R.; Azevedo, C. A. P.; Barbosa Neto, E. (2005). *Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuído como agregado fino*. *Cerâmica*. São Paulo, v.51, n.320, p. 318-324.
- Miranda, Jr., Paiva, A. E. M. (2012). *Concreto de cimento portland contendo resíduo vítreo como agregado miúdo: resistência à compressão e índice de vazios*. In: *Anais 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais*. Joinville: CBECiMat.
- Mohajerania, A.; Vajnaa, J.; Cheunga, T. H. H.; Kurmusa, H.; Arulrajahb, A.; Horpibulsukc, S. (2017). *Practical recycling applications of crushed waste glass in construction materials: A review*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 156, p.443-467.
- Nascimento, W. F.; Santos, D. A.; Silva, B. A.; Temponi, G. J.; Andrade, D.; Luz, B. S.; Alexandrino, C. H.; Carli, A. P. (2014). *Caracterização de compósitos de concreto utilizando agregado miúdo do vidro*. *XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas*. Poços de Caldas.
- *PS do Vidro*. Disponível em: < <http://www.psdovidro.com.br/descubra-tudo-sobre-a-reciclagem-de-vidro/>>.
- Rashad, A. M. (2014). *Recycled waste glass as fine aggregate replacement in cementitious materials based on Portland cement*. *Construction And Building Materials*, [s.l.], v. 72, p.340-357.
- Silva, A. J. C.; Barbosa, F. R.; Mota, J. M. F.; Carvalho, J. R. (2011). *Utilização de vidro reciclado para produção de concreto verde em Fernando de Noronha*. *VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*. Vitória.
- Souza, T. M. (2016). *Análise das propriedades mecânicas de argamassas com adição de vidro triturado*. *Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil)*. Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil (UEPB). Araruna, Brasil.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à pesquisa.

# 2

## **Recursos: obtención, distribución y consumo de agua y energía.**

# USO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM PANORAMA DA SUA APLICAÇÃO EM EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS

*Agleison Ramos Omido (agleisonomido@ufgd.edu.br); Christian Souza Barboza (christianbarboza@ufgd.edu.br); Édipo Sabião Sanches (ediposabiao@hotmail.com); Ítalo Sabião Sanches (italosabiao@hotmail.com)*

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia (UFGD-FAEN) - Brazil

**Palavras chave:** Energia Geotérmica, Fontes renováveis de energia, Sustentabilidade

*Neste trabalho abordamos a utilização de uma fonte limpa e renovável de energia que se encontra armazenada abaixo da superfície da terra na forma de calor: a Energia Geotérmica superficial. Também, os resultados iniciais de pesquisas realizadas na cidade de Dourados, MS no sentido de difundir a aplicação dessa energia na climatização de edificações são exibidos.*

*A Energia Geotérmica superficial fundamenta-se no princípio de que a crosta terrestre apresenta, a poucos metros de profundidade, um regime térmico estacionário e próximo da temperatura média anual da região onde se encontra, o que transforma o subsolo em uma importante fonte de troca de calor.*

*No Brasil, o aproveitamento dessa energia ocorre principalmente em atividades recreativas e de lazer como nos estados de Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais e São Paulo. Existem algumas utilizações em indústrias (Paraná e São Paulo), e ainda o emprego na climatização de edifícios, como no Centro de Cultura Max Feffer, e no Hospital Escola Municipal de São Carlos, no interior de São Paulo, entre outras.*

*Em nosso estudo, um sistema de detecção e armazenagem de temperaturas foi desenvolvido utilizando a plataforma Arduino e sua implantação possibilita a aquisição de temperaturas do subsolo a profundidades de 1,50, 3,00, 4,50 e 6,00 metros de profundidade, além da temperatura ambiente. O sistema foi implantado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e permanecerá sendo supervisionado ao longo das estações do ano.*

*Pelas análises das temperaturas obtidas, nota-se que em níveis mais profundos o solo apresenta maior estabilidade e conseqüentemente menores amplitudes térmicas, confirmando o encontrado na literatura. Enquanto o sensor referente à temperatura ambiente oscilou 20,13 °C no intervalo de tempo analisado, o sensor a 6 metros de profundidade registrou uma amplitude de 0,38 °C. Os dados evidenciam a importância da divulgação e do aproveitamento da geotermia na climatização do ambiente construído.*

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de combustíveis fósseis tem aumentado assustadoramente no decorrer dos últimos anos de forma a atender a demanda cada dia maior de energia elétrica. Porém, esse consumo desenfreado e insustentável desencadeou uma séria preocupação na humanidade, no que se refere ao atual panorama energético mundial. Em decorrência disso, alternativas sustentáveis para aumentar a produção e reduzir o consumo de energia elétrica têm sido conduzidas, ou seja, novas fontes renováveis começam a despontar. Nesse sentido, a utilização de fontes limpas na climatização dos edifícios deve ser considerada, justamente por corresponder ao item de maior índice de consumo de energia em uma edificação (Cruz, 2013).



A produção de energia resulta principalmente da queima do carvão, gás natural e petróleo, um mecanismo que além de poluir o meio ambiente devido à emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), tem prazo determinado para se esgotar. Fontes renováveis alternativas como a energia solar fotovoltaica, a energia eólica, a biomassa, entre outras, revelam indícios de que o fornecimento de energia elétrica não será interrompido, e ainda contribuirão para redução da agressão ao meio ambiente (Omido et al., 2017).

Sabe-se que a energia é extremamente importante para o desenvolvimento socioeconômico, porém, em contrapartida, ela acaba trazendo sérios problemas ao meio ambiente devido à maneira como ainda é produzida. Esse cenário reflete a importância cada vez maior em aliar a questão energética no planejamento de países desenvolvidos e em desenvolvimento. Tal situação leva ao surgimento de novas fontes de energia visando superar a futura escassez das fontes de energia não renováveis, assim como a poluição causada pelas mesmas (Campos et al., 2017).

Segundo Omido et al. (2017) a busca por uma solução à circunstância atual que o país enfrenta não pode se resumir apenas ao processo de produção de energia. Deve-se, também, prever soluções pensando na redução do consumo dessa energia, para assim obter um sistema equilibrado.

Apesar de ainda pouco explorada, a Energia Geotérmica Superficial ganha espaço, uma vez que apresenta alta capacidade de renovação. O fato de a temperatura do subsolo apresentar valores bastante estáveis a pequenas profundidades o credencia a auxiliar diretamente na climatização do ambiente construído (Cruz, 2013).

Quando nos referimos à Energia Geotérmica podemos mencionar dois perfis, o uso direto e o uso indireto. O primeiro abrange o aquecimentos de ambientes, usos industriais, bombas de calor geotérmicas, recreação, lazer, refrigeração, aquecimento de lagoas de aquicultura e de estufas; o segundo abarca a produção de energia elétrica, produzida pela energia térmica armazenada a grandes profundidades (Cruz, 2013). No presente trabalho a análise é voltada para a climatização do ambiente construído, uma utilização direta da energia térmica armazenada no solo.

É importante destacar que o uso da Energia Geotérmica é muito expressivo nos países da Europa, a saber: Alemanha, Áustria, Suíça e mais recentemente, a Espanha. No Brasil, apesar dessa incidência ser muito menor, existem aplicações que abrangem algumas áreas do País, além do interesse de algumas universidades e das entidades públicas em promover sua divulgação e, conseqüentemente, sua maior utilização (Cruz, 2013).

Aqui no Brasil ainda existem poucos estudos relacionados à utilização do recurso geotérmico, e sua aplicação é mais voltada para fins recreativos e lazer, principalmente nos estados de Goiás, Santa Catarina, Minas Gerais e São Paulo (Vichi & Mansor, 2009).

O cenário apresentado fortalece o pensamento de que é necessária a redução do consumo de fontes não renováveis que, além da esperada escassez, geram produtos poluentes durante sua utilização, e de que a solução desse imbróglio é a exploração de fontes de energia renováveis, essenciais para a sustentabilidade e a eficiência energética.

### **1.1. Energia Geotérmica**

Diante da preocupação mundial em propor mecanismos sustentáveis para o desenvolvimento da sociedade, estudos e projetos começam a despertar com maior frequência. Nesse sentido, ao se tratar de fontes de energia limpa e renovável, é de suma importância o destaque para a energia armazenada sob forma de calor abaixo da superfície terrestre: A Energia Geotérmica.

Essa capacidade de armazenamento é oriunda da absorção da radiação solar pelo solo, dos fluxos das águas subterrâneas e da energia térmica concentrada no terreno (Guia Prático Eficiência Energética, 2014). O caráter inesgotável conferido à Energia Geotérmica advém da sua renovação constante proporcionada pelos efeitos do sol, da chuva e do próprio calor interno da crosta terrestre (Rio, 2010/2011).

A Energia Geotérmica superficial fundamenta-se no princípio de que a crosta terrestre apresenta, a poucos metros de profundidade, um regime térmico estacionário, o que transforma o subsolo em uma importante fonte de troca de calor. A temperatura no interior do solo à uma profundidade de aproximadamente 6 metros apresenta-se constante e próxima da média anual característica da região que se encontra, possuindo pequenas variações durante todo o ano, independente das estações. A partir dos 6 metros, a temperatura sofre acréscimo de 2° a 3° Celsius a cada 100 metros (Rio, 2010/2011).

As grandes variações da temperatura ambiente provocam alterações significativas nas camadas de solo próximas à superfície, enquanto que as camadas mais profundas sofrem apenas pequenas oscilações, ou seja, as variações térmicas revelam amplitudes que diminuem com a profundidade (Da Silva & Neto, 2010). Nota-se, assim, a estabilidade térmica presente no interior do solo, evidenciando sua capacidade de armazenar energia e sua aplicabilidade no arrefecimento e aquecimento dos edifícios.

Segundo Neto & Voltani citado por Fonseca et al. (2015), o arrefecimento e aquecimento dos edifícios se fundamenta no princípio de que a temperatura do subsolo a poucos metros de profundidade tende a ser mais amena e mais estável que a temperatura do ambiente externo, possuindo amplitudes que giram em torno de 1°C a 2°C no decorrer das estações do ano. Com isso, nas épocas de intenso calor, a temperatura do subsolo a pequenas profundidades tende a ser mais baixa que a ambiente, enquanto que nas épocas de intenso frio, essa temperatura tende a ser mais alta.

Tais ocorrências explicitam a viabilidade de investimento na Energia Geotérmica para proporcionar um maior conforto térmico ao ambiente construído, seja no verão ou inverno. Essa energia encontra-se perfeitamente disponível e precisa ser aplicada visando a eficiência energética do ambiente construído. Aderindo à definição de Eficiência Energética na arquitetura: “um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia” (Lamberts et.al, 2004), constata-se a real necessidade de inserir nas edificações um mecanismo em que a Geotermia se faça presente, contribuindo tanto para o bem estar dos moradores quanto para a redução do consumo de energia elétrica.

Nesse contexto, a Energia Geotérmica Superficial se apresenta como uma importante fonte limpa e renovável de energia, mostrando ser viável e ambientalmente sustentável, fatores que possibilitam maior divulgação da mesma para que cada vez mais pesquisas avancem no tema e fortaleçam essa fonte renovável ainda pouco aplicada no Brasil (Omido et.al, 2018).

## **1.2. Um Panorama das Aplicações Brasileiras**

No contexto mundial, o aproveitamento da energia geotérmica acontece principalmente em países desenvolvidos, uma vez que nestes a utilização exclusiva de fontes derivadas de combustível fóssil não é suficiente para garantir um desenvolvimento socioeconômico onde o meio ambiente seja preservado (De Castro et al., 2009).

O Brasil apresenta formações geológicas consideradas relativamente recentes que, aliadas à ausência de atividades tectono-magmáticas, confere um regime térmico estacionário à sua crosta terrestre. Essas condições são extremamente favoráveis para as ocorrências de

recursos geotermiais de baixa entalpia, o que confere ao Brasil um aproveitamento geotérmico voltado para fins de lazer e recreação (Gomes, 2009).

Segundo Vichi & Mansor (2009), no Brasil a energia geotérmica é quase que unicamente utilizada para fins recreativos, em parques de fontes termiais como Caldas Novas em Goiás, Piratuba em Santa Catarina, Araxá em Minas Gerais, Olímpia, Águas de Lindóia e Águas de São Pedro em São Paulo. No entanto, o uso da geotermia ainda é pouco explorado em território brasileiro e necessita de maiores investigações que orientem não apenas no sentido das recreações e lazer, mas também na climatização do ambiente construído.

O uso da energia geotérmica no Brasil, principalmente voltado para climatização dos edifícios, ganha forças uma vez que há registros de identificação de recursos de baixa temperatura em quantidades significativas na crosta terrestre brasileira. A maior parte desse recurso se encontra localizado no centro-oeste do Brasil (nos estados de Goiás e Mato Grosso) e no sul (no estado de Santa Catarina). Além disso o país apresenta grande potencial para a exploração de água à baixa temperatura geotérmica, podendo ser aplicada nas indústrias e aquecimento de ambientes. Essa exploração apresenta caráter mais significativo na parte central da bacia do Paraná (nas regiões Sul e Sudeste do Brasil) (Hamza et.al, 2010).

Um destaque no Estado do Paraná faz referência ao aproveitamento da água geotérmica, por uma indústria, no preaquecimento das caldeiras utilizadas na produção de café em pó, no município de Cornélio Procópio. O sistema, construído em 1980, é constituído por dois poços, onde a água é bombeada com temperatura em torno dos 50°C. Semelhante ao sistema citado, na cidade de Taubaté, interior de São Paulo, houve a utilização da água geotermal, a uma temperatura de 48°C, envolvida no processamento industrial da madeira no período de 1970 à 1980 (Hamza et al., 2005).

Pardinho, uma cidade do interior de São Paulo, é privilegiada por possuir o primeiro centro cultural da América Latina a conquistar certificação de impacto ambiental LEED: O Centro de Cultura Max Feffer. Nele, o conforto térmico é proporcionado por meio da geotermia, dentre outras estratégias (Fonsecca et al., 2015).

Em São Carlos, cidade do Estado de São Paulo, o Projeto do Hospital Escola Municipal se fundamentou em estratégias passivas para se desfrutar do conforto térmico. Efetuou-se a passagem de ar externo por entre as galerias de ar subterrâneas. Inicialmente o ar externo é captado mecanicamente por meio de ventiladores, para na sequência ser direcionado ao interior dos ambientes através de dutos (Fonsecca et al., 2015).

Uma importante arquitetura brasileira que também faz o uso da energia geotérmica é a Arena Amazônia (parte de seu complexo esportivo), em Manaus, construída para receber a Copa do Mundo de 2014. Com o intuito de reduzir o consumo energético desta construção, a estratégia foi pré-resfriar o ar externo por meio de tubulações subterrâneas e assim garantir o conforto dos usuários (Fonsecca et al., 2015).

Além disso, muitos projetos e pesquisas estão sendo desenvolvidos em busca de divulgar ainda mais o potencial da geotermia no ambiente construído, como é o caso do Projeto do Edifício CECAS (Centro de Estudo de Clima e Ambientes Sustentáveis), desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP - São Paulo) e instalado na própria Cidade Universitária. Tal projeto combina o resfriamento geotérmico das salas de aula e outras dependências da Cidade Universitária. O sistema funciona por meio de um ventilador que capta o ar externo, transporta em túneis enterrados a 3 metros de profundidade, com um comprimento total de 90 metros. Todo o funcionamento é possível graças a temperatura estável do solo da Cidade Universitária (Jornal Vitruvius, 2013).

Pesquisadores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, implantaram um sistema alternativo de resfriamento do ar interno em uma escola nas proximidades do Aeroporto de Viracopos em Campinas. O projeto utilizou-se da energia geotérmica, operando a 5 metros de profundidade, para resfriar os ambientes das salas de aulas e outras dependências da escola. O professor Alberto Hernandez Neto, responsável pela pesquisa, afirma que o solo a uma profundidade de 3 à 5 metros apresenta uma temperatura oscilando de 18 à 21°C durante todo o ano, o que viabiliza a utilização da geotermia na climatização de ambientes construídos (Poli/USP, 2014).

## 2. OBJETIVOS

O atual trabalho traz algumas aplicações, no Brasil, de uma fonte limpa e renovável de energia que encontra-se armazenada abaixo da superfície da terra na forma de calor: a Energia Geotérmica superficial. Mostra ainda os resultados iniciais de pesquisas realizadas na cidade de Dourados, MS no sentido de difundir a aplicação dessa energia na climatização de edificações.

## 3. METODOLOGIA

Inicialmente foi desenvolvido um sistema de detecção e armazenagem de temperatura robusto e de baixo custo para ser utilizado em nossas pesquisas.

Esse sistema é constituído por uma placa de Arduino Mega 2560 R3, a qual possui uma memória interna responsável por armazenar todas as instruções referentes a captura e armazenamento de temperaturas programadas em uma linguagem específica da própria placa, linguagem essa que permite organizar as informações de maneira lógica e prática. É importante realçar que, dentre muitas placas existentes, a placa de Arduino Mega 2560 R3 foi a escolhida, pelo fato de a mesma conter 54 entradas/saídas digitais somados a 16 analógicas decorrente da presença de seu micro controlador Atmega 2560 16-AU, sendo essencial para efetivação do projeto.

A implementação das instruções necessárias para o funcionamento do Arduino de acordo com o almejado, ocorreram por meio do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE), um Software Arduino. A transferência dessas instruções à placa de Arduino foi estabelecida pela conexão USB.

Utilizou-se também um sensor DHT22, conectado diretamente ao protótipo, responsável por coletar a temperatura e umidade do ambiente onde todo sistema de armazenamento foi instalado, a fim de realizar um comparativo com as temperaturas do solo obtidas. O sensor possui uma precisão de  $\pm 0,5$  °C quando operado em temperaturas entre -40°C e +80°C. Além disso, foi utilizado o módulo de relógio digital RTC DS1307 responsável por fornecer a data e hora real da leitura das temperaturas, que ocorrem em um intervalo de cinco minutos. As leituras de todos os sensores foram armazenadas em um cartão micro SD através de um módulo específico do Arduino. Todas as conexões realizadas entre o Arduino e a placa protoboard de 830 furos foram feitas por meio de jumpers, sendo necessário um resistor de 4,7kΩ para garantir a estabilidade do sistema e a confiabilidade das leituras. A Figura 1 exibe os elementos utilizados no sistema de detecção.

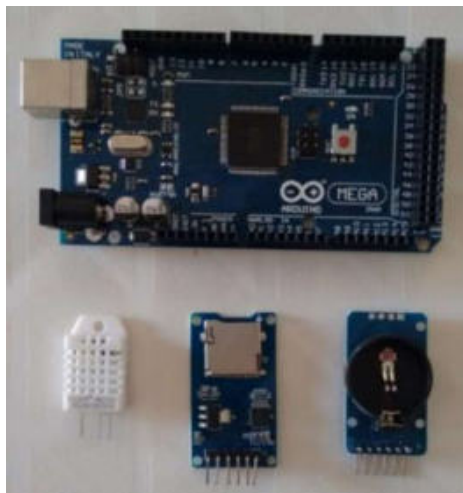


Figura 1. Arduino Mega 2560 R3; módulos DHT22; Micro SD Card e RTC DS1307, respectivamente.

Para verificação da temperatura no solo foram utilizados sensores do modelo DS18B20 (Figura 2) que registram a temperatura com uma precisão de  $\pm 0,5$  °C quando operados em temperaturas entre  $-127^{\circ}\text{C}$  e  $+85^{\circ}\text{C}$ . Sua escolha se deu pelo motivo de ele poder operar em solos saturados ou submersos, apresentando maior confiabilidade nas leituras quando comparado com outros modelos. O sensor possui um comprimento de aproximadamente 1 metro, apresentando em uma das extremidades uma ponteira metálica responsável pela aferição da temperatura do solo, e, na outra, três fios de cobre que são conectados ao Arduino. Esses três fios são responsáveis pela transmissão de dados e pela alimentação elétrica. Cada sensor possui um número de série, ou seja, uma identificação própria que permite o reconhecimento através de instruções programáveis, o que é fundamental para a realização das leituras em profundidades diferentes.



Figura 2. Sensor DS18B20.

O layout da Figura 3 foi montado para verificação da estabilidade do sistema de detecção e armazenamento, sendo o desempenho dos sensores e do sistema em geral considerado satisfatório, uma vez que as temperaturas foram registradas de acordo com o limite de variação aceitável, não apresentando perda de dados durante o armazenamento. Assim, deu-se início aos trabalhos de instalação do sistema no solo de Dourados-MS.



Figura 03. Layout de testes do sistema de detecção.



Para facilitar a operação de instalação e proteger os sensores foram construídas ponteiras com caps, luvas e tubos de PVC de 3/4" com aproximadamente 20 centímetros de comprimento, e a conexão dos sensores ao sistema de detecção foi realizada com cabo de rede Cat6 (Figura 4). Finalmente, foi executado o complemento dos tubos de PVC de acordo com a profundidade requerida pelo projeto (1,5m; 3,0m; 4,5m e 6,0m).



Figura 4. Preparação das ponteiras dos sensores.

Uma cavidade de 15 centímetros de profundidade e 40 centímetros de diâmetro foi aberta para alocar os sensores a um nível abaixo da superfície (Figura 5). Com o auxílio de trado manual foi possível realizar as 4 perfurações de 3/4" no solo da cavidade aberta, com as profundidades definidas para o estudo, implantando, assim, os sensores no solo.



Figura 5. Sistema implantado no solo de Dourados - MS.

Na interior do laboratório foi instalado o sistema responsável pela coleta e armazenamento das temperaturas do solo (Figura 6).



Figura 6. Sistema de coleta de dados.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de temperatura obtidos até o momento, tanto para o ambiente quanto para as profundidades requeridas na pesquisa foram trabalhados no Software OriginPro 8, programa que permite plotar e realizar tratamento estatístico dos dados coletados.

Os dados mostraram a tendência da estabilidade das temperaturas no subsolo a baixas profundidades, mostrando ser o subsolo grande fonte de armazenamento de energia. A Figura 7 mostra as variações de temperaturas nos respectivos sensores, assim como no ambiente externo.

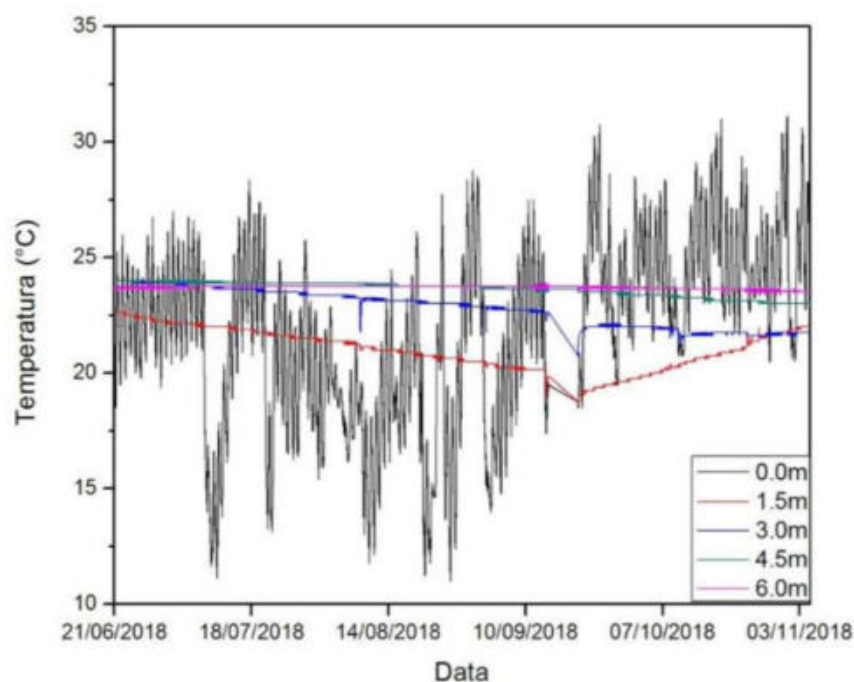


Figura 7. Representação gráfica das temperaturas coletadas.

Na análise do gráfico, podemos notar uma grande variação de temperatura ambiente, enquanto que nos sensores enterrados a variação foi muito menor. Além disso, pode-se perceber que com o aumento da profundidade do solo ocorre uma redução na amplitude térmica, mostrando novamente a tendência que o solo tem de possuir temperaturas estáveis com o aumento da sua profundidade. Tais dados podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1. Temperaturas Máximas e Mínimas detectadas pelos Sensores.

		Temperatura (°C)			
		Máxima	Mínima	Amplitude Térmica	Média
Temperatura Ambiente	Sensor 0.0m	31,13	11,00	20,13	22,38
Temperatura no Solo	Sensor 1.5m	22,63	18,63	4,00	21,00
	Sensor 3.0m	24,00	20,75	3,25	23,00
	Sensor 4.5m	24,00	22,88	1,12	23,75
	Sensor 6.0m	23,88	23,50	0,38	23,75

Com a tabela acima, pode-se notar que alterações na temperatura ambiente promovem variações mais significativas na temperatura das camadas mais próximas da superfície, sendo perceptível quando verificamos a maior amplitude na profundidade de 1,5 metro.

As grandes variações na temperatura ambiente verificadas entre Junho e Novembro não promoveram alterações significativas nas temperaturas das camadas mais profundas do solo, comprovando, assim, que as variações térmicas existente no subsolo apresentam menores amplitudes com o avanço da profundidade.

De acordo com a literatura, a temperatura média anual de uma determinada região é equivalente à temperatura existente no subsolo a aproximadamente 6,0 metros de profundidade. Os dados analisados a essa profundidade comprovaram a proximidade com a temperatura média anual da região de Dourados, que é de 22,9°C, sendo o valor verificado na pesquisa à 6,0 metros uma média de 23,75°C, ratificando assim o encontrado na literatura.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados iniciais do sistema instalado no solo de Dourados, apontam a tendência de estabilidade da temperatura a baixa profundidade, confirmando o encontrado na literatura, que aponta o subsolo como grande fonte de energia para ser utilizada na climatização de edifícios. Dessa forma, a energia geotérmica superficial se apresenta como uma alternativa promissora, atendendo aos requisitos de energia limpa e renovável.

No Brasil, o aproveitamento da Energia Geotérmica para aquecimento e arrefecimento do ambiente construído está em fase embrionária, se comparado a países como Alemanha, Áustria, Suíça, Canadá, Portugal e outros que já usufruem dessa fonte de energia limpa e renovável há muitos anos. O emprego dessa nova fonte contribui para o conforto térmico do ambiente construído, reduz o consumo de energia elétrica, e, como consequência, a emissão dos gases poluentes na atmosfera.

Atualmente, o maior empecilho para a utilização de sistemas capazes de climatizar o ambiente é o alto custo inicial de implantação. Porém, a escassez das fontes não renováveis é certa para um futuro próximo, e, assim, a demanda por fontes alternativas para o desenvolvimento socioeconômico será cada vez maior. A geotermia estando disponível o ano inteiro para o uso direto ganhará destaque, e conseqüentemente, com o número crescente de sistemas que façam o uso da energia geotérmica para climatizar sua edificação, o custo de implantação reduzirá.

A falta de informação da população e os baixos índices de pesquisas no assunto também são fatores que relegam a geotermia a segundo plano no Brasil. Por isso, a divulgação dessa fonte limpa e renovável de energia é fundamental para estimular novos estudos e pesquisas no ramo. O aumento do interesse de pesquisadores pelo tema e a inserção de uma nova mentalidade à população, mostrando os benefícios gerados ao meio ambiente, serão o caminho para a crescente demanda da Energia Geotérmica na climatização do ambiente construído.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos, A. F.; Scarpatti C. B. L.; Dos Santos L. T.; Pagel U. R.; De Souza, V. H. A. (2017). *Um panorama sobre a energia geotérmica no Brasil e no mundo: Aspectos ambientais e econômicos*. Vol. 38 (Nº01). Pág. 8. Disponível em <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/a17v38n01p08.pdf>>
- De Castro, N. J.; Martini, S.; Brandão, R.; Dantas, G. A.; Timponi, R. R. (2009). *A importância das fontes alternativas e renováveis na evolução da matriz energética brasileira*. In: V Seminário de geração e desenvolvimento sustentável. Anais (on-line). Disponível em <[http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL\\_-\\_Estudo\\_Mapfre\\_\\_260809\[1\].pdf](http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/artigos/GESEL_-_Estudo_Mapfre__260809[1].pdf)>
- Cruz, R. J. L. V. (2013). *Utilização da energia térmica do solo para climatização de edifícios*. 2013. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Aveiro. Aveiro, Portugal.
- Da Silva, D. R. B.; Neto, A. I. (2010). *Dimensionamento de sistema geotérmico para climatização de residências em Curitiba*. In: XIII Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído - ENTAC, Canela, RS, Anais (on-line). Disponível em <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/417.pdf>>

- Fonseca, I.; Tucci, F.; Battisti, A. (2015). *Potenciais para uso da geotermia na arquitetura brasileira*. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC, Campinas, SP. Anais (on-line). Disponível em <<http://www.infohab.org.br/encac/files/2015/topico4artigo57.pdf>>
- Gomes, A. J. L. (2009). *Avaliação de recursos geotermiais da Bacia do Paraná*. Tese Doutorado (Doutorado em Geofísica). Ministério da Ciência e Tecnologia Observatório Nacional - MCT. Rio de Janeiro.
- *Guia Prático Eficiência Energética (2014)*. Reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. 1ed. Brasília.
- Hamza, V. M.; Cardoso, R. R.; Gomes, A. J. L.; Alexandrino, C.H. (2010). *Brazil: country update*. In: *Proceedings of the world geothermal congresso*. Bali, Indonésia. Disponível em <<https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAsstandard/WGC/2010/0147.pdf>>
- Hamza, V.M.; Gomes, A.J. L.; Ferreira, L.E.T. (2005). *Status Report on Geothermal Energy Developments in Brazil*. In: *Proceedings world geothermal congresso*. Antalya, Turkey. Disponível em <<https://www.geothermal-energy.org/pdf/IGAsstandard/WGC/2005/0149.pdf>>
- *Jornal Vitruvius (2013)*. *Está prevista a construção de três novos prédios na USP em São Paulo*. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/jornal/news/read/1698>>
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, Fernando O. R. (2004). *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW editores. v. 1. Capítulo 1, p. 5. 2ed. Disponível em <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>
- Omido, A. R.; Barboza, C. S.; Sanches, É. S.; Sanches, Í. S. (2018). *Estudos Iniciais Para Utilização da Energia Geotérmica na Climatização de Edifícios*. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA. São José dos Campos, SP. Anais (on-line). Disponível em <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/X-007.pdf>>
- Omido, A. R.; Barboza, C. S.; Júnior, O. M. (2017). *Energia Geotérmica: Uma Aliada Na Busca Da Eficiência Energética*. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA. Campo Grande, MS. Anais (on-line). Disponível em <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/X-005.pdf>>
- Poli/USP (2013). *Pesquisa sistema alternativo de ar condicionado*. Disponível em <<http://www3.poli.usp.br/comunicacao/noticias/1350-poliusp-pesquisa-sistema-alternativo-de-ar-condicionado.html>>
- RIO, J. P. T. E. (2010/2011). *Geotermia e implicações nas tecnologias da construção: estudo de casos*. Dissertação de Mestrado - Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2010/2011 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2011.
- Vichi, F. M.; Mansor, M. T. C. (2009). *Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial*. *Química Nova*. v. 32, n.3, p.762. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n3/a19v32n3.pdf>>

## UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NO RESFRIAMENTO DE PLACAS SOLARES

*Agleison Ramos Omido (agleisonomido@ufgd.edu.br); Lucas Coutinho do Nascimento (lucas.\_coutinho@hotmail.com); Gabriela Sarti Figueiredo (gabrielasarti12@gmail.com); Christian Souza Barboza (christianbarboza@ufgd.edu.br)*

Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia (UFGD-FAEN) - Brazil

**Palavras chave:** Eficiência, Energia Geotérmica, Energia Fotovoltaica.

*A energia, além de sinal de desenvolvimento, é hoje motivo de grande preocupação, já que a maioria das fontes utilizadas para sua geração não é renovável e o ciclo dos combustíveis fósseis como fonte de energia para a humanidade está se aproximando do fim. Os recursos finitos, aliados aos gases com efeito de estufa, gerados na produção de energia através de fontes não renováveis, levaram a um esforço maior na busca por fontes alternativas de energia renovável. A energia fotovoltaica se mostra uma alternativa para esse fato, possui inúmeras vantagens, como a sua disponibilidade durante todo ano, facilidade de instalação e redução nos custos de implantação. Em contrapartida, apresenta uma queda do rendimento na conversão da energia devido ao aumento da temperatura do painel fotovoltaico em operação. Diante disso, este trabalho avaliou a eficiência de um sistema híbrido de energia fotovoltaica com a energia geotérmica superficial. A possibilidade de utilização da energia geotérmica no resfriamento das placas solares e consequente aumento de rendimento foi verificada. Resultados iniciais apontaram um acréscimo de 4,3% nesse rendimento com redução na temperatura de operação da placa de 16,1 °C, aproximadamente.*

### 1. INTRODUÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO

O desenvolvimento de equipamentos empregados nos setores industrial e residencial e de novas tecnologias voltadas ao meio rural para o aumento da produção demandam a cada dia mais energia. Assim, a produção de energia elétrica para suprir esse alto consumo de aparelhos eletroeletrônicos é um dos desafios para os atuais governos. Soma-se a isso a necessidade de desenvolver a produção de energia de forma sustentável, objetivando minimizar os impactos ambientais.

No Brasil, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2017), a matriz elétrica é bem variada. Com o seu grande potencial hídrico, a maior parcela responsável pela produção de energia no país vem das usinas hidrelétricas. Em seguida aparece a energia que vem de combustíveis fósseis, que são fontes de energia poluidoras e não renováveis. Já as parcelas eólica, nuclear, biomassa e solar são renováveis, mas também as de menor expressão. Isso evidencia a necessidade de aumentar a produção de energia proveniente dos recursos renováveis, uma vez que há uma preocupação principalmente com a poluição gerada por combustíveis fósseis e, no caso do Brasil, com o impacto ambiental causado pelas usinas hidrelétricas e com a vulnerabilidade do sistema frente a possíveis períodos de estiagem.

Segundo dados publicados pelo Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2017), o consumo geral de energia elétrica no Brasil, no ano de 2016, teve uma queda de 0,9% em comparação com 2015. Essa queda pode ser vista como consequência da crise econômica, que causa recuo na produção industrial responsável pela maior parcela do consumo de



energia de um país. Já o setor rural apresentou aumento de 5,3% se comparado com o ano anterior, e durante os últimos 5 anos demonstrou consumo crescente de energia elétrica.

De acordo com dados publicados pelo EPE (2016), o setor do agronegócio demanda cada vez mais energia elétrica para realizar suas atividades, apresentando projeções crescentes até 2050. Tal aumento é justificado pela automatização e industrialização que o setor vem apresentando nos últimos anos, seja para máquinas de secagem de grãos, pivôs de irrigação ou motores em geral. Outra questão vem do fato de que as propriedades e assentamentos, que demandam grande quantidade de energia, a conseguem por meio de um gerador, devido à distância entre a rede de distribuição elétrica e esses locais.

Para atender a toda a demanda por energia elétrica que aumenta progressivamente, a energia solar fotovoltaica é vista como uma boa opção. Apresenta vantagens como o fato de estar disponível o ano todo e ser uma fonte de energia renovável e inesgotável, podendo ainda ser instalada próximo ao ambiente em que será usufruída. Os sistemas fotovoltaicos são baseados em painéis ou módulos compostos por células fotovoltaicas, que captam a energia da luz solar e produzem corrente elétrica.

A quantidade de energia produzida por um sistema fotovoltaico depende da insolação do local em que é instalado. De acordo com Villalva e Gazoli (2014) o Brasil apresenta taxas de insolação médias anuais muito boas, com elevada taxa de radiação em grande parte de seu território. A figura 1 apresenta a radiação solar no Brasil.

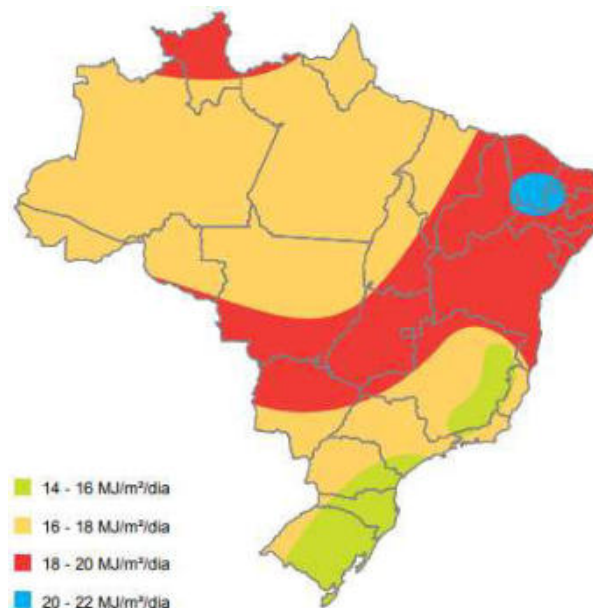


Figura 1. Radiação solar no Brasil – média anual típica (MJ/m<sup>2</sup>/dia).

Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2008.

### 1.1. Efeito Fotovoltaico

A energia solar fotovoltaica é a obtida através da conversão direta da luz em eletricidade. Este efeito, denominado fotovoltaico, descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, consiste no surgimento de uma diferença de potencial entre dois materiais semicondutores de propriedades elétricas diferentes devido à incidência de luz (fótons) na região de junção entre eles. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental desse processo de conversão (GALDINO, RIBEIRO, SERRA, 2000).

O efeito fotovoltaico está diretamente relacionado ao efeito fotoelétrico, mas a diferença entre os dois é que o primeiro se dá em materiais semicondutores, sendo que o material mais utilizado para compor células fotovoltaicas é o silício (Si), elemento em que cada

átomo possui quatro elétrons em sua banda de valência (MATTOS, 2016).

Michels (2007) afirma que o desempenho do módulo fotovoltaico é altamente influenciado pela temperatura que, aliada à irradiação solar do local onde é instalado, são os dois principais fatores que influenciam a produção de energia pelos módulos fotovoltaicos. Com o aumento da irradiação, aumenta a temperatura da célula e, conseqüentemente, diminui a eficiência do módulo.

Simões (2015) reporta que os fabricantes quantificam esse efeito através de um parâmetro conhecido como Coeficiente de Potência. Ele indica qual o percentual da potência que se perde para cada °C a mais de temperatura no painel. Em casos extremos, as placas podem chegar à temperatura de 70°C, o que pode ter um impacto instantâneo de quase 30% na geração de energia.

Devido à essa queda de rendimento, buscam-se alternativas para melhor dissipação do calor ou até mesmo para a refrigeração do painel. Um exemplo disso são as Placas PVT (Placa Fotovoltaico-Térmica), as quais promovem a cogeração de energia por meio de coletores térmicos, resultando na geração de eletricidade e aquecimento de água de forma simultânea (MIGLIAVACCA et al. 2014).

O presente estudo apresenta outra forma de minimizar o efeito da temperatura, através do emprego da geotermia para a refrigeração da placa fotovoltaica, utilizando um fluido refrigerante para absorver o calor excedente reduzindo, assim, a temperatura do sistema.

## 1.2. Energia Geotérmica

A energia geotérmica é definida pelo Parlamento Europeu, Comité de Energia (2008) como “a energia armazenada sob a forma de calor debaixo da superfície da terra” (LAW, 2009).

Existem diversas formas de aproveitamento da energia geotérmica, seja para geração de energia elétrica, produção de água quente para processos industriais e até mesmo para aquecimento e arrefecimento de ambientes. Cada aplicação depende da temperatura disponível para ser explorada, ou seja, depende da sua entalpia, que pode ser definida, resumidamente, “como a quantidade de energia térmica que um fluido, ou objeto, pode permutar com a sua envolvente, expressa por kJ/kg ou kcal/kg”. Assim, a energia geotérmica pode ser classificada em quatro categorias (TRILLO e ANGULO, 2008):

- Alta temperatura (maior que 150 °C): Uma temperatura superior a 150 °C permite transformar diretamente o vapor de água em energia elétrica.
- Média temperatura (entre 90 e 150 °C): Permite produzir energia elétrica utilizando uma troca de fluidos, que é o que alimenta a central.
- Baixa temperatura (entre 30 e 90°C): O seu conteúdo em calor é insuficiente para produzir energia elétrica, mas é adequado para aquecimento de edifícios e processos industriais e agrícolas.
- Muito baixa temperatura (menos que 30 °C): Pode ser usada para aquecimento e refrigeração de ambientes, necessitando do uso de bombas de calor.

Neste trabalho será mostrado como a Energia Geotérmica de muito baixa entalpia ( $T < 30$  °C) pode ser empregada na refrigeração do módulo fotovoltaico, através de um fluido refrigerante aliado a um sistema de bombeamento, com o objetivo de aumentar a eficiência na geração da energia elétrica pela placa fotovoltaica.

Estudos demonstraram que a temperatura do solo a poucos metros de profundidade é bastante estável e próxima à média anual da região (VIEIRA e MARANHA, 2009). De acordo com relatórios publicados pela Embrapa (2017), a média anual da região de Dourados é 22,9°C.

Nos sistemas energéticos de baixa entalpia, a captação de energia pode ser feita de várias formas diferentes. A opção por um ou outro modo de captação depende das características do terreno, área disponível e resultados pretendidos. De acordo com Raposo e Pinheiro (2015), os sistemas de captação podem ser classificados em abertos ou fechados.

Nos sistemas em circuito fechado, que são comumente utilizados, o fluido térmico se movimenta dentro de um loop que circula e não tem contato direto com o solo; a transferência de calor com o solo ocorre através do material da tubulação. Existem quatro classes de sistemas de troca de calor de circuito fechado: vertical, horizontal, espiral e lagoa (STUART, 2013).

Sistemas abertos interagem diretamente com o solo. Esses sistemas utilizam as águas subterrâneas ou de superfície, tais como lagos e lagoas, como um meio de transferência de calor. A água é extraída e passa através do permutador de calor, depois é descarregada de volta à origem ou pode ser utilizada para irrigação do solo, por exemplo (STUART, 2013).

Geralmente, um sistema de refrigeração geotérmico é utilizado para aquecer e arrefecer ambientes, com o emprego de bombas de calor geotérmico. Neste trabalho, desenvolvemos um sistema aberto para refrigerar uma placa fotovoltaica com o intuito de restabelecer o rendimento na sua produção de eletricidade em temperaturas adequadas. Para garantir uma maior eficiência do modelo, buscamos empregar um sistema capaz de bombear a água sem consumo de eletricidade em substituição às bombas de calor.

Esta pesquisa vislumbra aumentar o rendimento da placa utilizada na geração de energia de comunidades rurais. O sistema escolhido foi de configuração em aberto com utilização de águas superficiais, com a instalação de um carneiro hidráulico para bombeamento do fluido refrigerante e posterior reutilização da água, uma vez que o processo de resfriamento não polui o fluido refrigerante no processo.

### 1.3. Carneiro Hidráulico

Oliveira e Souza (2015) definem o carneiro hidráulico como um equipamento utilizado para bombear água sem a necessidade de energia elétrica ou outras fontes de energia fósseis. O funcionamento do carneiro hidráulico é decorrente do golpe de aríete causado pelo fechamento de uma válvula, que interrompe o movimento da água proveniente de uma fonte de alimentação localizada em nível superior.

Para explicar o funcionamento do carneiro hidráulico, Botrel e Abate (2002) citam Daker (1970), que apresenta os princípios de funcionamento do equipamento ilustrado na figura 2:

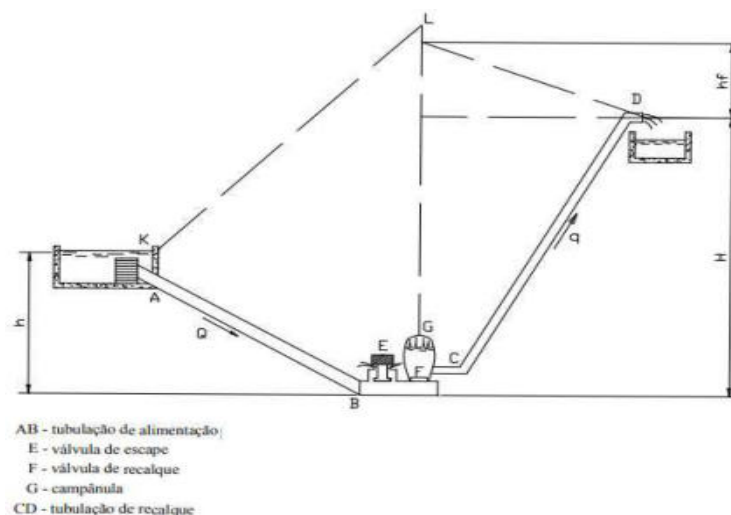


Figura 2: Esquema funcional de um carneiro hidráulico (Botrel e Abate,2002)

O processo inicia-se com a abertura da válvula E, a água decorrente da alimentação escapa pela válvula até que o empuxo que esta sofre cause seu fechamento de forma brusca, promovendo, assim, uma elevação da pressão no tubo de alimentação. A coluna de água desce pelo tubo AB com velocidade progressiva, ficando num dado instante sem saída, produzindo o choque denominado “golpe de aríete”, o qual abre a válvula de recalque F, permitindo a entrada da água na câmara de ar G. Como decorrência, o ar existente na parte superior da campânula é comprimido e oferece uma resistência crescente à entrada do líquido, chegando a tal ponto de fazê-la cessar, e fechando a válvula de recalque F, sendo que isto caracteriza o fim de um ciclo.

Esse fim de ciclo causa um alívio de pressão no interior do tubo de alimentação, que, associado à depressão (pressão negativa), faz com que a válvula de escape E se abra iniciando um novo ciclo. Estando E aberta, há um novo ciclo e, com ciclos sucessivos, a água que vai penetrando na câmara de ar G, obtendo pressão para subir no tubo de elevação CD, fazendo com que flua para o reservatório superior quando a pressão na campânula corresponder à altura manométrica de recalque. A eficiência do carneiro hidráulico depende do desnível entre o reservatório de coleta e a posição onde o equipamento foi instalado.

## 2. OBJETIVO

Avaliar a viabilidade de associação de duas energias renováveis, fotovoltaica e geotérmica, para a produção de energia elétrica. Acompanhar o funcionamento do módulo fotovoltaico resfriado com energia geotérmica, mapeando o comportamento da temperatura do sistema e seu rendimento com e sem o emprego de resfriamento.

## 3. METODOLOGIA

O sistema idealizado consiste em coletar a água de um corpo hídrico através de um sistema de bombeamento utilizando o carneiro hidráulico que movimenta a massa do fluido para um reservatório próximo a placa, que, por gravidade, umedece uma espuma sólida presa por um suporte instalado atrás da placa. Ao passar pela espuma, a água absorve o calor da placa e depois é destinada ao consumo para fins agropecuários ou retorna ao corpo hídrico, uma vez que o sistema não polui a água usada no resfriamento.

Devido à dificuldade de instalar a placa próximo a um corpo hídrico, o sistema de análise foi adaptado, utilizando os processos descritos a seguir.

Duas placas fotovoltaicas modelo SF 125X125-72-M(L) da ANAUGER®, instaladas em nossa Universidade foram utilizadas para verificação da variação de seu rendimento em função da refrigeração por Geotermia. A figura 3 mostra as placas utilizadas no teste.



Figura 3. Dados e placas utilizadas no experimento.

As placas se encontram ligadas em série, sendo apenas uma delas refrigerada. Devido à essa configuração, a análise isolada da placa com e sem resfriamento não pôde ser realizada.

Para o desenvolvimento do experimento, foi instalado um suporte para acomodar a espuma sólida atrás da placa. A água utilizada para realizar a troca de calor com a espuma foi proveniente do reservatório da faculdade.

O mapeamento da temperatura do sistema com e sem resfriamento foi realizado através de um termômetro portátil modelo TP3001. Os termômetros portáteis foram fixados na espuma, próximos a canaleta de coleta da água utilizada no resfriamento. Assim, a temperatura coletada durante o período resfriado é a da água na saída do sistema de refrigeração.

Para a análise da eficiência da placa, foi empregado um sistema de bombeamento, que foi alimentado com a energia produzida pelas placas. Assim, quando as placas produzem mais energia, maior é a vazão recalcada pela bomba. Para acompanhar o desempenho da bomba, foi instalado um medidor de vazão eletromagnético em PVC modelo O VMS® PRO que permitiu monitorar a vazão instantânea produzida pela bomba. A figura 4 mostra o esquema de bombeamento e o medidor de vazão usados na verificação do rendimento das placas.



Figura 4. Detalhe do sistema de monitoramento da eficiência da placa.

Para reduzir a influência da variação da irradiação solar, que é decisiva no desempenho da placa, buscou-se realizar a coleta de dados com e sem resfriamento em períodos próximos, visto que o índice de radiação e a inclinação do sol variam muito durante o dia.

A vazão foi medida com auxílio de um cronômetro e um barrilete com capacidade de 7 litros. Tendo sido aferida a temperatura da água, a mangueira foi ligada a um cano PVC de ½ polegada, perfurado ao longo do seu comprimento, com a função de distribuir a água de maneira uniforme na espuma. Esse tubo foi colocado na região superior do suporte da espuma.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Funcionamento do sistema sem refrigeração

Inicialmente foi delimitado o período de estudos como sendo compreendido entre as 8:00 horas e 15:30 horas com medidas em intervalos de tempo pequenos como forma de evitar uma grande variação na insolação recebida pela placa. A impossibilidade de realizar medidas individuais nas placas instaladas obrigou a coleta de dados em conjuntos, que foram identificados por letras maiúsculas, retirados em horários próximos, e as análises comparativas foram realizadas por conjunto de dados.



Também ficou estabelecido que as leituras só seriam realizadas em caso de incidência das radiações solares de maneira direta sobre as placas, sem interferência de sombras projetadas por nuvens. Em casos em que o céu se tornou nublado, as leituras não foram interrompidas, e os dados foram descartados.

A Tabela 1 traz os resultados iniciais das leituras realizadas para a vazão fornecida pela bomba alimentada pelas placas e as temperaturas ambiente e da placa, sem a refrigeração da mesma.

Tabela 1. Valores de vazão e temperatura obtidos sem resfriamento da placa.

Conjunto	Horário	T <sub>ambiente</sub> (°C)	T <sub>placa</sub> (°C)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
A	9:47	32,7	62,0	1,28
	9:57	34,6	67,4	1,24
	10:07	34,2	71,7	1,18
B	10:13	34,3	69,9	1,18
	10:17	35,0	68,4	1,20
	10:27	34,0	72,4	1,17

O rendimento foi monitorado indiretamente através da vazão fornecida por uma bomba submersa alimentada pela placa. No conjunto A, verifica-se uma temperatura mínima na placa de 62 °C e máxima de 71,7 °C, mostrando que durante o funcionamento do sistema ocorreu um aumento de 9,7 °C na temperatura da placa, provocando uma redução de 1,28 m<sup>3</sup>/h para 1,18 m<sup>3</sup>/h, equivalente a uma queda de 7,8% na vazão fornecida pela bomba.

Os valores do conjunto B apontam uma temperatura mínima de 68,4 °C e máxima de 72,4 °C, proporcionando um acréscimo de temperatura de 4 °C, enquanto a vazão proporcionada pela bomba diminuiu de 1,20 m<sup>3</sup>/h para 1,17 m<sup>3</sup>/h, ou seja, uma redução de 2,5%.

Os dados apontam para uma real dependência entre o rendimento da placa e sua temperatura de operação. Verifica-se, tanto nos dados do conjunto A quanto nos do conjunto B, uma variação na vazão inversamente proporcional à temperatura da placa, confirmando o encontrado na literatura.

#### 4.2. Dependência entre o rendimento e a vazão do fluido refrigerante

Na realização das medições foi verificada também a influência no rendimento devido à mudança na vazão do fluido refrigerante através da espuma sólida. Assim, foram executadas análises para as diferentes vazões do fluido refrigerante.

As vazões utilizadas nas medições foram reguladas com um registro que, após aferição das mesmas, foi mantido em posição fixa. A medida das vazões foi executada como descrito anteriormente.

A Tabela 2 apresenta os resultados do monitoramento de temperatura das placas efetuado com três vazões diferentes sendo que o primeiro valor de temperatura de cada conjunto de dados expressa a temperatura da placa no início do resfriamento, ou seja, após um intervalo de tempo de funcionamento suficiente para seu aquecimento.

Tabela 2. Valores de temperatura obtidos com o resfriamento da placa para diferentes vazões do fluido refrigerante.

Conjunto	Vazão do fluido refrigerante (m <sup>3</sup> /s)	Hora	T <sub>ambiente</sub> (°C)	T <sub>placa</sub> (°C)
C	1,5 X 10 <sup>-5</sup>	9:43	32,2	65,8
		9:48	30,1	53,6
		10:02	33,2	57,2
		10:16	33,0	61,0
D	1,8 X 10 <sup>-5</sup>	10:55	32,0	66,7
		11:24	34,0	50,0
		11:29	34,1	54,6
		11:40	33,1	56,8
E	1,9 X 10 <sup>-5</sup>	9:46	31,8	61,2
		10:21	27,5	51,0
		10:31	27,3	54,0
		10:41	28,5	55,0

Como podemos verificar nos dados do conjunto C, com uma vazão no fluido refrigerante de 1,5 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s, no início do resfriamento houve uma redução da temperatura da placa, porém após alguns minutos a temperatura começou a se elevar, ficando próximo da temperatura sem resfriamento. A causa provável é que a baixa vazão faz com que o fluido refrigerante atravesse a espuma com baixa velocidade, se aquecendo no percurso e perdendo sua capacidade de refrigeração.

No conjunto D, com vazão de 1,8 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s, a refrigeração da placa apresentou um melhor comportamento, mas foi no conjunto E, com a vazão de 1,9 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s para o fluido refrigerante, é que o resfriamento da placa foi mais eficiente com a temperatura da placa apresentando-se mais estável.

Assim, na Tabela 3, apresentamos os resultados de medida de vazão proporcionada pela bomba submersa alimentada pelas placas solares com o fluido refrigerante percolando a espuma sólida com vazão de 1,9 x 10<sup>-5</sup> m<sup>3</sup>/s.

Tabela 3. Valores de vazão fornecida pela bomba para o sistema sem e com refrigeração da placa.

Conjunto	Horário	T <sub>ambiente</sub> (°C)	T <sub>placa</sub> (°C)	Vazão (m <sup>3</sup> /h)
F	9:25	28,5	56,7	1,12
	9:35	28,2	59,8	1,12
	9:46	31,8	61,2	1,10
G	10:01*	31,3	45,1	1,15
	10:21*	27,5	51,0	1,14
	10:41*	28,5	55,0	1,13

\*dados com resfriamento

No conjunto F, verifica-se uma temperatura máxima de 61,2 °C acompanhada de uma vazão fornecida pela bomba de 1,10 m<sup>3</sup>/h. Os dados do conjunto G apontam uma temperatura no

início da refrigeração de 45,1°C, com uma vazão apresentada pela bomba de 1,15 m<sup>3</sup>/h. Esses dados mostram que o sistema proposto reduziu a temperatura da placa em 16,1 °C no estágio inicial de funcionamento, conseguindo um acréscimo na vazão proporcionada pelo conjunto de aproximadamente 4,3%.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, observamos um aumento do rendimento à medida que o fluido refrigerante percolava a espuma atrás da placa e extraía calor, com acréscimo médio de 0,05 m<sup>3</sup>/h na vazão instantânea proporcionada pela bomba alimentada pelo sistema.

Os resultados aqui apresentados são iniciais, devendo ser aprimorado o sistema a fim de eliminar possíveis fatores que possam influenciar nos resultados, como o fato de os testes ocorrerem em horários próximos, mas não simultaneamente, podendo ter resultado em algumas interferências nos dados. Para melhor performance, recomenda-se realizar os testes criando um sistema de bombeamento em paralelo e avaliação para uma placa sem o resfriamento e outra com o resfriamento. Assim, as duas estariam expostas à mesma condição de avaliação.

Para aumentar a eficiência de troca de calor entre a placa e a espuma, recomenda-se a implementação de um outro tubo próximo ao centro da placa para fornecer água para a região inferior da mesma, pois a água que atinge a região inferior da espuma absorve calor da região superior, reduzindo seu potencial de resfriamento. O suporte que acomodou a espuma apresentou vazamentos com vazões elevadas. Assim, para testar o sistema com maior percolação de água, devem-se estancar esses vazamentos para garantir que toda a água percorra o comprimento da placa, trocando calor com a mesma.

Estudos precisam ser conduzidos a partir das informações levantadas neste trabalho, no intuito de aperfeiçoar a técnica, uma vez que os dados aqui apresentados apontam para a possibilidade de a implantação do sistema aqui descrito proporcionar um aumento no rendimento das placas solares.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL – AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA (2008). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. Ed. Brasília-DF. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>.
- BOTREL, Tarlei Arriel; ABATE, Caroline (2002). *Carneiro Hidráulico Com Tubulação De Alimentação Em Aço Galvanizado E Em Pvc*. *Scientia Agricola*, v.59, n.1, p.197-203, jan./mar. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8095.pdf>>.
- EMBRAPA (2017). *O clima da região de Dourados MS*. 3º ed revista e atualizada, v.34. disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1079733/1/DOC2017138FIETZ.pdf>>.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2017). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017, ano base 2016*. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética (2016) – *ESTUDO DE DEMANDA DE ENERGIA, demanda de energia 2050*. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>>.
- GALDINO, Marco; LIMA, Jorge; RIBEIRO, Cláudio; SERRA, Eduardo (2000). *O contexto das energias renováveis no Brasil*. *Revista da Direng*. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf)>.

- LAW, Ryan. (2009). *Geothermal Systems in the Chalk of the South East of England: Methods of Predicting Thermal Transport in a Fractured Aquifer*. University of Birmingham. Disponível em: <http://etheses.bham.ac.uk/981/1/Law10PhD.pdf>.
- MATTOS, Gustavo Marques. (2016). *Estudo de rendimento e temperatura de painéis fotovoltaicos com uso de técnica de concentração solar. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro.*
- MICHELS, Roger Nabeyama (2007). *Avaliação de um sistema de bombeamento de água alimentado por painéis fotovoltaicos. Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação em engenharia agrícola) - Universidade Estadual do oeste do Paraná, Cascavel-PR.*
- MIGLIAVACCA, Alencar (2014). *Cogeração elétrica e térmica utilizando placas fotovoltaicas refrigeradas a água*. In: *Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS, [S.l.], v. 4, n. 1, out. 2014: Anais...* Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/SEPE-UFFS/article/view/1895>.
- OLIVEIRA, Tallis José Cardos de; SOUZA, Teófilo Miguel de. (2015). *Eficiência do carneiro hidráulico para bombeamento de água*. In: *8º Congresso de extensão universitária da UNESP, p. 1-4*. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/142437>.
- RAPOSO, Milton Daniel Gonçalves; TIAGO PINHEIRO, Alexandre Sequeira (2015). *Bombas de Calor Geotérmicas-Enquadramento e perspectiva*. Disponível em: [http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/2881/1/Milton%20Raposo\\_1010670%20-%20Bombas%20de%20Calor%20Geot%C3%A9rmicas%20-%20E2%80%93%20Enquadramento%20e%20Perspetivas.pdf](http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/2881/1/Milton%20Raposo_1010670%20-%20Bombas%20de%20Calor%20Geot%C3%A9rmicas%20-%20E2%80%93%20Enquadramento%20e%20Perspetivas.pdf).
- SIMÕES, Felipe. (2015). *Entenda o que influencia a geração do seu sistema solar*. Disponível em: <http://www.enovaenergia.com.br/blog/post/entenda-o-que-influencia-a-geracao-do-seu-sistema-solar>.
- STUART, J. S. (2013). *Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options*. *Applied energy, Elsevier, vol. 101(C), p. 341-348*. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261912000542>.
- Trillo L. and Angulo V. R. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. *Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid*.
- VIEIRA, A.; MARANHA, J. (2009) *Estudo de Modelação Numérica do Comportamento de Estruturas Termoativas*. In: *Actas do 12º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa*. Disponível em: <http://repositorio.inec.pt:8080/jspui/handle/123456789/1003622>.
- VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael (2014). *Energia Solar Fotovoltaica - Introdução*. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/261175798\\_Energia\\_Solar\\_Fotovoltaica\\_-\\_Introducao](https://www.researchgate.net/publication/261175798_Energia_Solar_Fotovoltaica_-_Introducao).

# OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS BAJO NORMAS DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA MISMA. MODELO DE CONSUMO NETO (NET METERING)

*Adrian D'Andrea (adandrea@frsf.utn.edu.ar); Jorge Caminos (jcaminos@frsf.utn.edu.ar)*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN - FRSF)

**Palabras clave:** energía, solar, fotovoltaica, autoconsumo, balance neto

*Partiendo de una inversión inicial por parte del usuario, el autoconsumo genera ahorro energético, y dependiendo de las tarifas que se apliquen también económico, lo que para el país es doblemente beneficioso ya que no solo se autogenera si no que es menos energía que se importa, traduciéndose en inversión muy beneficiosa para la economía nacional.*

*Este trabajo estudia aspectos para una reglamentación de balance neto en la provincia de Santa Fe proponiendo que hacer con el excedente entre la curva de generación y la demanda, o sea como se procederá con la energía generada no consumida y con sus costos asociados.*

*Además se dan los pasos para el cálculo de una instalación fotovoltaica para una vivienda de una familia tipo conectada a la red de baja tensión bajo el sistema de balance neto. Finalmente se determina su costo y el tiempo de amortización teniendo en cuenta distintos escenarios.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica en nuestro país es generada en centrales de elevada potencia en niveles de media tensión entre 10 y 20 kV, que luego se eleva en subestaciones de transformación hasta los niveles de tensión utilizados en las líneas para transportar la energía eléctrica, desde 132 a 500kV hasta los centros de consumo más importantes. Allí mediante subestaciones de transformación se reduce la tensión para adecuarla a los niveles utilizados usualmente en la red de distribución (13.2 a 33kV) en MT y de 1.000V) en BT.

Las grandes centrales generadoras se encuentran lejos de los centros de consumo (Chocón, Yacretá, Salto Grande), por lo cual al existir grandes distancias entre el emplazamiento de generación y la demanda, la energía debe recorrer grandes distancias antes de ser utilizada, reduciendo el rendimiento energético del sistema.

Las pérdidas en el transporte de energía en nuestro país son aproximadamente del 7% llegando en los periodos de punta al 14 %, lo cual representa un problema muy importante para el sistema, agregado a la saturación en las redes de transporte. En los últimos años se instalaron varias centrales térmicas cerca de los lugares de consumo con lo que paulatinamente se dio lugar a un cambio de enfoque hacia una generación más distribuida, en el que la generación y el consumo están muy próximos

La generación distribuida fomenta la producción de energía de pequeña potencia cerca de los lugares de consumo, siendo una de los principales beneficios la reducción de las pérdidas técnicas que se dan en una red de distribución de BT. Estas pérdidas en la red son por disipación energética en los conductores bajo el efecto Joule ( $I^2 \cdot R$ ), y suelen variar principalmente en función del estado de carga y condiciones físicas de la red. La incorporación de generación FV distribuida en la red de distribución trae aparejada una reducción de las pérdidas al aliviar o reducir la corriente circulante por los conductores de la red. Por lo tanto al ser un sistema más eficiente, logramos ahorro de energía. Este ahorro no solo es debido a reducción de pérdidas en las líneas, sino que también se reducen en



inversión de mantenimiento y nuevas líneas de transporte y distribución al ser menor la longitud de ellas.

La incorporación de generación distribuida a lo largo de los distribuidores permite aliviar las exigencias térmicas sobre ellos y sobre el transformador de distribución al hacer que las corrientes circulantes por los mismos disminuyan. También mediante este tipo de generación se logra reducir las reservas de capacidad de potencia de generación instalada. Otro beneficio no menos importante es respecto a la disminución del impacto de las grandes infraestructuras eléctricas, así como la reducción de emisiones nocivas.

## **2. PROPUESTA DE CONSUMO NETO PARA LA CIUDAD DE SANTA FE**

La siguiente es una propuesta de régimen de consumo neto (net metering) para la Ciudad de Santa Fe, el cual puede replicarse en las distintas localidades de la provincia.

El sistema se basa en la conexión simultánea de los usuarios generadores a la red de la empresa proveedora de energía en baja tensión y a la casa donde se encuentra la instalación FV.

El sistema opera cumpliendo un ciclo diario, el cual de día mientras exista recurso genera energía eléctrica para alimentar la carga de la vivienda (consumo instantáneo) y un excedente que lo envía a la red para ser utilizado a futuro (consumo diferido), y por la noche toma de la red lo necesario para alimentar el consumo de la vivienda.

De lo analizado anteriormente vemos que el modelo de consumo diferido utiliza a modo de almacén de excedentes generados la red eléctrica y esto le genera al usuario - generador derechos de consumo diferidos.

Además a la hora de llevar a cabo la facturación, el balance de las medidas de energía producida y consumida se toman mensualmente; si el cliente acogido al balance neto consumiera más energía en un periodo determinado que la suma de la electricidad generada localmente y los derechos de consumo anteriores en esa misma franja horaria, abonaría a la distribuidora esa diferencia. En cambio, si la generación superase al consumo, ese exceso se compensaría descontándose en las siguientes facturas. Cada vez que se requiriera utilizar esta energía excedentaria, solo podría hacerse si esta hubiera sido generada con una antelación máxima de doce meses, tal y como se ha reflejado previamente. Si el excedente acumulado fuera anterior, el usuario lo perdería

Otro punto importante para su desarrollo es la política de incentivos que se desee implantar, así como los costes por el servicio de balance neto, aspectos que inciden de manera directa en la rentabilidad.

Para lo descrito anteriormente y sin entrar en un estudio tarifario profundo, lo que se propone son dos alternativas.

La primera es la de balance neto (net metering) , donde el sistema propuesto se debe dimensionar de manera que genere en un año toda la energía que consumirá la vivienda más un porcentaje que iría desde un 10 a 20% de la energía que se toma normalmente de la red.

Este porcentaje extra corresponde a una propuesta de este estudio y es para solventar los gastos de infraestructura, mantenimiento, protecciones y reparaciones de las redes de energía que debe realizar la empresa de energía. Además este porcentaje compensaría también la incorporación de equipos de control de flujos y protecciones que debe realizar también la EPESF en la medida que el sistema distribuido de generación se generalice.

Este porcentaje se aconseja entre 10 y 20% ya que se propone aplicarlo de acuerdo a la potencia de la instalación FV. Por ejemplo instalaciones residenciales monofásicas de hasta

2kW 10 %, de 2kW hasta 4 kW – 15 %, de 4kW a 5 kW 17,5%, y superiores a 5kW (sistemas trifásicos) un 20%. Esta propuesta incluye la realización anual de un balance entre la energía generada por el usuario y lo que este toma de la red, esto determinará los kWh con saldo positivo, negativo o neutro.

En cualquiera de los casos que el saldo de energía de positivo o negativo, se propone transformarlos en un crédito o bono de energía, que de ser positivo lo podría consumir el usuario en temporadas de bajo recurso solar e incluso transferirlo a otro cliente de la distribuidora. En el caso de que el balance sea negativo el cliente deberá abonar a la empresa distribuidora la energía del saldo. Los créditos a favor del usuario – generador se deberían consumir en un plazo establecido por la normativa el cual podría ser desde 12 a 36 meses e incluso transferir el crédito a otro usuario encuadrado en la misma tarifa.

La segunda propuesta, que sería una alternativa a la anterior, ya que incentivaría este tipo de generación, es el sistema denominado Feed in tariff que establece una tarifa especial o sobre precio por la energía que el usuario –generador inyecte a la red. Igualmente se propone que la instalación se dimensione con un porcentaje extra según lo mencionado en la primera alternativa. Esta propuesta de sobrepagos en el excedente de energía inyectada a la red podría ir disminuyendo con el paso del tiempo a medida que el usuario – generador amortice su instalación y se cumpla el objetivo del cupo de renovables previsto en la matriz energética de la provincia.

Respecto a la adquisición y mano de obra para la puesta en funcionamiento de la instalación FV, se propone lo siguiente:

Para instalaciones FV de hasta 2kW primer escalón, se propone subsidios por parte del estado en los materiales y equipos, sobre todos aquellos que son importados, disminuyendo los impuestos. Para instalaciones mayores a 2kW y menores a 5 kW segundo escalón, subsidiar los primeros 2kW y para los 3kW restantes implementar créditos blandos sobre todo para aquellos usuarios – generadores que demuestren que su vivienda es energéticamente eficiente. Para demostrar la eficiencia energética de la vivienda se propone que el usuario presente una certificación expedida por organismo competente de la auditoría energética.

Para que este proyecto de balance neto tenga aceptación y que los resultados sean óptimos se debe establecer una normativa clara, y para ello se debe conformar una comisión integrada por especialistas de la Secretaria de Energía de la Provincia, EPESF, Universidades y ONGs.

Además, para que se tenga el éxito esperado y dado que este tipo de actividad crea nuevos puestos de trabajo, es de suma importancia la capacitación y certificación de los instaladores de sistemas fotovoltaicos.

### **3. CALCULO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO CON BALANCE NETO**

La demanda de energía impone muchas de las características de la instalación.

Para determinar la energía que necesitaremos diariamente se debe determinar la potencia de todos los aparatos eléctricos, que posee la vivienda y el tiempo medio de uso de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que la dimensión de la instalación FV tendrá directa relación con los consumos de los electrodomésticos y el aislamiento de la vivienda, por lo que se recomienda la utilización de aparatos de bajo consumo que cumplan las normas de etiquetado energético.

### 3.1. La necesidad de la vivienda eficiente y sustentable

En teoría es técnicamente posible realizar una instalación solar fotovoltaica para satisfacer cualquier demanda de energía por muy alta que esta sea. Sin embargo el limitante fundamental de estas instalaciones lo constituye el costo de las mismas.

Realizar una instalación solar fotovoltaica para una casa suele demandar de un importante desembolso económico. Nuestra sociedad actual está acostumbrada a derrochar energía por un problema de políticas sociales de subsidiar las tarifas. En el mundo actual vivimos rodeados de numerosos componentes electrónicos que demandan un flujo constante de energía.

Por lo tanto antes de diseñar una instalación fotovoltaica para una vivienda se debe estudiar la eficiencia energética de la misma, de forma que la potencia de cálculo sea lo más bajo posible y por lo tanto no de un bajo tiempo de repago.

Para lograr viviendas eficientes energéticamente se debe aplicar la normativa existente del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM) sobre:

- Aislación térmica de las viviendas de acuerdo a cada zona bioclimática.
- Etiquetado de electrodomésticos y aparatos eléctricos.

### 3.2. Determinación de las curvas de demanda de la vivienda

Para la determinación de las curvas de demandas tanto para invierno y verano se tuvieron en cuenta las actividades que tiene la familia tanto para días laborales como para los fines de semana.

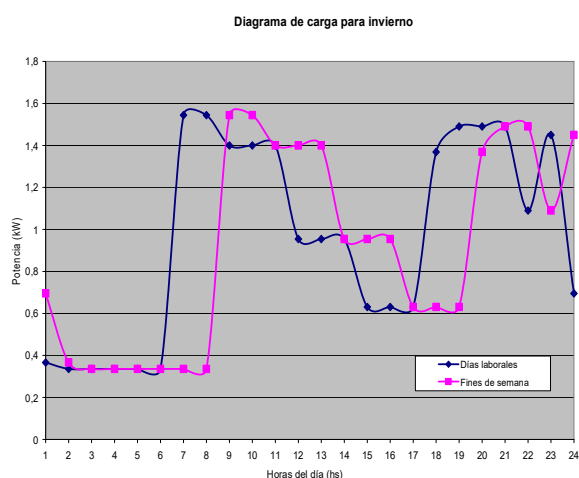


Figura 1. Diagramas de carga.

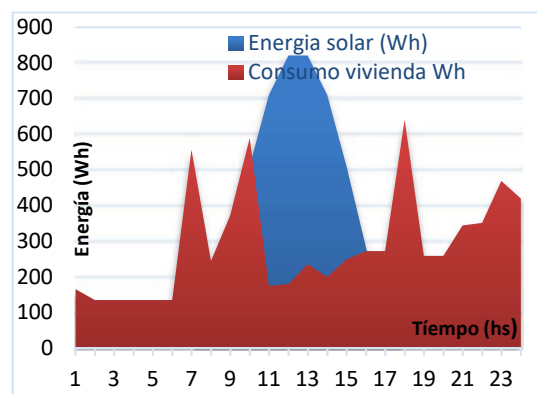
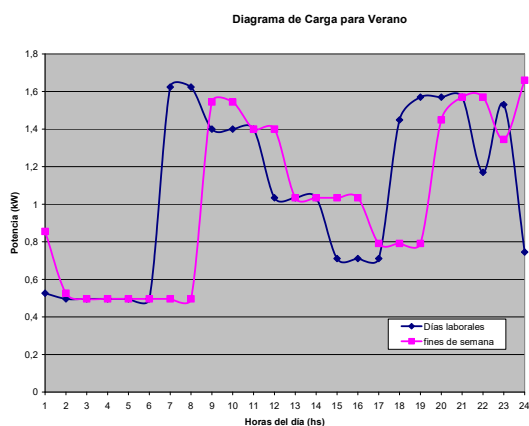


Figura 2. Energía solar diaria generada vs consumo de energía eléctrica en invierno (junio).

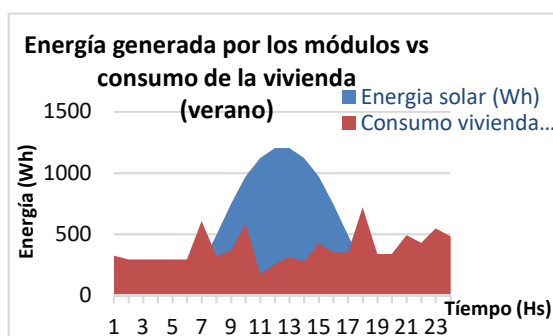


Figura 4. Energía solar generada y energía eléctrica consumida para un día en verano (enero)

Figura 3. Diagramas de carga.

### 3.3. Calculo de la energía real que deben suministrar los paneles fotovoltaicos

Para la determinación del valor real de la energía necesaria que deben suministrar los paneles, tomamos como base los cálculos de potencia instalada y energía consumida por la vivienda y los valores de radiación suministrado por la NASA.

Para el cálculo se propuso tomar 6 meses del año como verano (octubre a marzo) y 6 como invierno (abril a septiembre), de esta forma podemos compensar posibles días más cálidos donde se utiliza más la ventilación del hogar y/o refrigeración del hogar.

Del estudio de los consumos de la vivienda se obtienen los siguientes consumos:

- Para los meses denominados de verano: 9 kWh/día
- Para los meses denominados de invierno: 7 kWh/día

Como toda instalación solar fotovoltaica se ve afectada por pérdidas, tales como el rendimiento del inversor, y por otros de difícil justificación pero que la afectan de todos modos.

Entonces la energía real a suministrar por los paneles es: **Er = 2880 kWh/año.**

### 3.4. Calculo del número de paneles fotovoltaicos necesarios

Adoptamos panel KYOCERA KS 100T

#### Especificaciones técnicas:

- Potencia nominal: 100 Wp
- Tensión a Potencia nominal: 18,3 V
- Corriente a Potencia Nominal: 5,46 A
- Tensión de circuito abierto: 22,1V
- Corriente de corto circuito: 5,86 A

Para el cálculo y verificación del número de paneles necesarios realizo el cálculo por dos métodos:

- Método de horas equivalentes con corrección de eficiencia por temperatura (TONC).
- Método de la eficiencia corregida

#### 3.4.1 Método de las horas equivalentes

$$\text{Numero de paneles} = \frac{\text{Energía necesaria para la vivienda en kWh}}{\text{Energía generada por un panel en kWh/panel}}$$

Un resumen del cálculo aplicando este método se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 1. Calculo de paneles necesarios por horas equivalentes

Metodo de horas equivalente con correccion de eficiencia por temperatura			
Meses	Radiación kWh/m2 día	Energía kWh/mes/modulo	Nº Paneles
ene	6,26	16,90	
feb	5,89	15,90	
mar	5,34	14,42	
abr	4,51	12,18	
may	3,96	10,69	
jun	3,45	9,32	
jul	3,88	10,48	
ago	4,58	12,37	
sep	5,45	14,72	
oct	5,59	15,09	
nov	6,11	16,50	
dic	6,23	16,82	
<b>total anual</b>	<b>61,25</b>	<b>165,38</b>	<b>17,4</b>

Del cálculo anterior se observa que el número de paneles es 17,4 por lo tanto se seleccionan 18 paneles.

### 3.4.2 Método de la eficiencia corregida

$$Eg \text{ módulo } \frac{kWh}{m^2} = \text{Radiación incidente sobre el módulo } \frac{kWh}{m^2} * \text{Eficiencia del panel}(0,148)$$

La superficie necesaria de paneles en m<sup>2</sup> será igual al cociente de la energía necesaria para alimentar la vivienda en (kWh/año) con la energía generada por un módulo durante un año en (kWh/ m<sup>2</sup> año). El número de módulos será el cociente de área necesaria y el área de un panel. El resumen del cálculo descrito anteriormente se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de paneles necesarios por eficiencia corregida

Método de la Eficiencia corregida							
Meses	Radiación kWh/m2 día	Energía generada kWh/m2 mes	Consumo kWh/mes	superficie m2	Nº Paneles	Energía generada kWh/ mes	generada kWh/ mes por 18 módulos de 100
ene	6,26	27,79	270			294,34	306,25



feb	5,89	26,15	270			276,95	288,15
mar	5,34	23,71	270			251,08	261,24
abr	4,51	20,02	210			212,06	220,64
may	3,96	17,58	210			186,20	193,73
jun	3,45	15,32	210			162,22	168,78
jul	3,88	17,23	210			182,44	189,82
ago	4,58	20,34	210			215,35	224,06
sep	5,45	24,20	210			256,26	266,63
oct	5,59	24,82	270			262,84	273,47
nov	6,11	27,13	270			287,29	298,91
dic	6,23	27,66	270			292,93	304,78
<b>total anual</b>	<b>1837,50</b>	<b>271,95</b>	<b>2880</b>	<b>10,59</b>	<b>17,3</b>	<b>2879,95</b>	<b>2996,48</b>

En la tabla anterior se observa que el número de paneles calculado es de 17,3 número similar al calculado por el método anterior, por lo tanto se seleccionan 18 paneles.

### 3.5. Consumo de la vivienda y la energía mensual generada

En el gráfico de la figura anterior se representan la energía generada por los 18 módulos adoptados para la instalación fotovoltaica para los distintos meses del año, para una inclinación de 28,5° (óptima) y la energía consumida por la vivienda en estudio durante todo el año. Se observa que entre el mes 5 y el 7 la energía generada es menor que la consumida, lo cual se compensa los meses de mayor radiación solar.

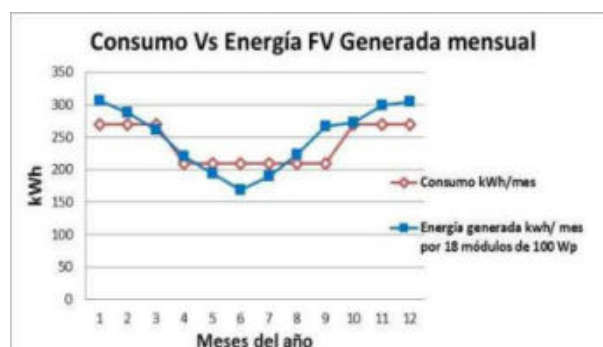


Figura 5. Consumo de la vivienda vs energía FV generada mensual

### 3.6. Cálculo del aporte extra a la red

La metodología de las horas solares es la utilizada, y la que se propone para determinar el porcentaje de aporte extra a la red del usuario- generador, y que según los conceptos preliminares sería entre el 10 y 20% de la energía que se toma de la misma. Entonces teniendo en cuenta la energía que puede aportar la instalación FV para cada temporada, en base a las horas solares, y con los diagramas de carga se puede realizar una estimación de la potencia que se debería alimentar de la red para todo el año. Este valor es estimado y podrá ser ajustado al consumo real alimentado desde la red cuando se realice el balance anual.

Tabla 3. Cálculo del N° total de paneles de la instalación FV

Método de la Eficiencia corregida
-----------------------------------

Meses	Radiación kWh/m <sup>2</sup> día	Energía generada kWh/m <sup>2</sup> mes	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/mes con % EPE	superficie m <sup>2</sup>	Nº Paneles	Energía generada kWh/ mes	generada kWh/ mes por 20 paneles
ene	6,26	27,79	270	312			344,02	340,61
feb	5,89	26,15	270	312			323,69	320,48
mar	5,34	23,71	270	312			293,46	290,55
abr	4,51	20,02	210	249			247,85	245,39
may	3,96	17,58	210	249			217,62	215,47
jun	3,45	15,32	210	249			189,60	187,72
jul	3,88	17,23	210	249			213,23	211,11
ago	4,58	20,34	210	249			251,69	249,20
sep	5,45	24,20	210	249			299,51	296,54
oct	5,59	24,82	270	312			307,20	304,16
nov	6,11	27,13	270	312			335,78	332,45
dic	6,23	27,66	270	312			342,37	338,98
total anual	1837,5	271,95	2880,00	3366	12,38	20,2	3366,00	3332,67

En la tabla anterior se resume el cálculo realizado, donde el número de paneles debe ser de 20,2. Se adopta un número entero de 20 paneles. Dicho valor deberá ser ajustado luego del primer balance de acuerdo la propuesta realizada en este trabajo.

### 3.7. Consumo de la vivienda y la energía mensual generada con % EPE

En la figura 6 se representan la energía generada por la instalación fotovoltaica durante los distintos meses del año para una inclinación de 28,5° (óptima) según los cálculos realizados más un porcentaje extra y la energía consumida para la vivienda en estudio durante todo el año. Se observa que la energía extra considerada para cubrir los gastos de la empresa distribuidora solo genera por debajo de la demanda de la vivienda en el mes de menor radiación (junio). En el resto del año la instalación excede el consumo de la vivienda en estudio.

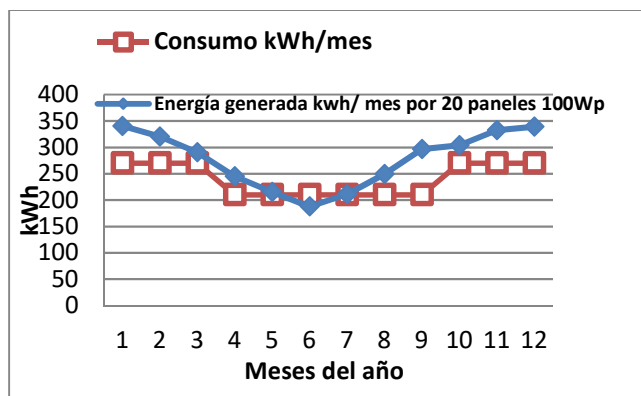


Figura 6. Consumo vs energía FV generada mensual con aporte extra a la red

### 3.8. Calculo del inversor

Sabiendo que nuestra instalación contara con 20 paneles de 100 Wp conectados en serie, por lo tanto contamos con una potencia de 2000W para la instalación. De catálogo SMA se adopta: Inversor Sunny Boy 2100 TL6

### 3.9. Unifilar de la instalación fotovoltaica por balance neto

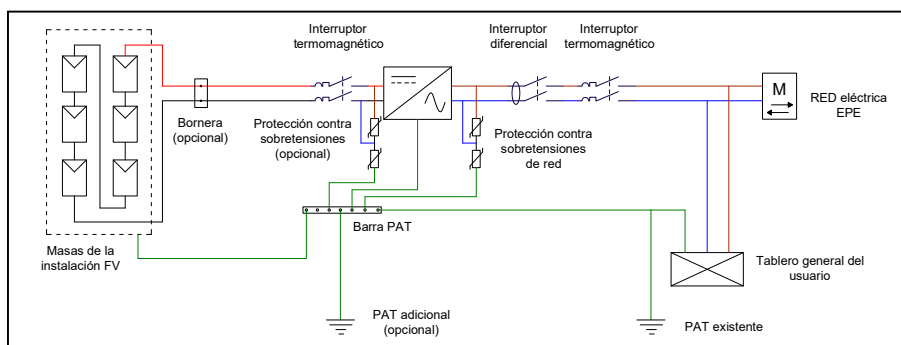


Figura 7. Diagrama bifilar de la instalación FV.

## 4. COSTOS DE LA INSTALACIÓN FV DE UN USUARIO - GENERADOR

Tabla 4. Computo y presupuesto

Equipamiento	Cantidad	Característica	Costo unitario(\$)	Costo Total (\$)
Módulos	20	100 W	4420	88400
Inversor	1	2200 W		67373
Soportes	5	668 mm	13068	40905
Protección Termo magnética CC	1	2 x 8A 500Vcc	2300	2300
Protección Termo magnética CA	1	2x16A Curva C	680	680
Protección diferencial	1	2 x 25A 30mA	3059	3059
Bandeja porta cables	7	0,50 m x 3m con accesorios	418	2926
Gabinete estanco	2		1492	2984
Protección por sobre tensión transitorias	1	230VCA – 10 KA	9671	9671
Conductores CC	25m	2x4 mm <sup>2</sup> Syntenax	74	1480
Conductores CA	20m	3x4 mm <sup>2</sup> Syntenax	101	2020
Conductor PAT	20m	1x 2,5mm <sup>2</sup>	15,4	308
Jabalina Cu Ac	1	3m	1416	1416
Varios				3000
Total Materiales				226522
Mano de obra instalación y puesta en marcha				36000
Total				262522

Los precios que figuran en este proyecto surgen de la consulta a diferentes fuentes y corresponden a octubre de 2018, (1 U\$S = \$38). Todos los precios incluyen IVA, y corresponden al valor que pagaría un usuario residencial. Del análisis de esta tabla se puede determinar el costo por watt de la instalación, el mismo asciende a 131 \$/Watt instalado.

## 5. ESTUDIO ECONÓMICO

Para realizar este estudio se tomó como base las cuatro horas sol equivalente que dispone la zona climática en la que se encuentra la instalación fotovoltaica, y la curva de los consumos de la vivienda; de esta forma se determinó la energía generada y cual la que se debería comprar a la EPE. El cálculo de la amortización o repago de la instalación FV se realizó para un usuario residencial catalogada tarifa 101(1201) según la EPE. El valor del precio de la energía y términos de la tarifa de acceso para este usuario es el vigente a Agosto de 2018

La inversión inicial se amortiza anualmente gracias al ahorro obtenido mediante la nueva forma de obtención de la Energía por parte del usuario. La tarifa mencionada para este tipo de usuario se conforma de la siguiente manera:

Cuota de servicio \$ 48,68 por mes más la energía consumida por escalones, los primeros 75 kWh \$ 2,60 por kWh; los segundos 75 kWh \$ 2,90; los siguientes 150 kWh \$ 4,14 por kWh; y el excedente de 300 kWh \$ 5,10. A esto hay que adicionarle costos variables Ley nº 6604 - FER (1,5% del importe básico), ley nº 7797 (6 % del importe básico), Ley nº 12692 Energías Renovables y el 21% de IVA<sup>7</sup>.

### 5.1. Amortización del sistema fotovoltaico

En el proyecto, se determinó que la energía promedio susceptible de ser generada anualmente en la ciudad de Santa Fe por el sistema FV 2000 W propuesto es: 3336,01 kWh/año, es decir un promedio mensual de 280,50 kWh.

Tabla 5. Generación FV mensual y bimestral.

SISTEM A	Bim 1		Bim 2		Bim 3		Bim 4		Bim 5		Bim 6	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
FV 2000 W [kWh]	340,6 1	320,4 8	290,5 5	245,3 9	215,4 7	187,7 2	211,1 1	249,2 0	296,5 4	304,1 6	332,4 5	338,9 8
	661,09		535,95		403,19		460,31		600,7		671,43	

Para el cálculo del repago se toman 3 valores distintos del costo del kWh para un usuario encuadrado en la tarifa residencial de la EPESF, según se detalla:

1. Costo actual de la energía
2. Costo de la energía tarifa actual prosumidor EPESF para una instalación residencial de 2kW
3. Costo de la energía para un repago razonable de los créditos implementados en el mercado

<sup>7</sup> EPE. Cuadro Tarifario 2018 <http://www.epe.santafe.gov.ar/?id=34> [Consulta: Agosto 2018]

Además se consideró el costo de los sistemas FV detallado en la tabla 4. Se considerará que la vida útil media de estos sistemas se estima en 25 años, y su mantenimiento tiene un costo bajo.

## 5.2. Cálculo de la amortización del sistema fotovoltaico de 2000 W

Tabla 6. Amortización de instalación FV con los costos actuales de los componentes de la misma

Sistema FV 2000 W - Energía aportada [kWh]						
Bimestre	Bim 1	Bim 2	Bim 3	Bim 4	Bim 5	Bim 6
Generación Bimestral(kWh)	661,09	535,95	403,19	460,32	600,7	671,43

Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo de la energía promedio actual [\$] 3,42						
Ahorro Bimestral(\$)	2260,93	1832,95	1378,91	1574,29	2054,39	2296,29
TOTAL ANUAL(\$)	11.397,77					
Amortización [Años]	23,03					

Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costos de la energía generada a \$6,5 kWh						
Ahorro Bimestral(\$)	4297,09	3483,68	2620,74	2992,08	3904,55	4364,30
TOTAL ANUAL(\$)	21.662,42					
Amortización [Años]	12,12					

Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo de la energía generada \$10 kWh						
Ahorro Bimestral(\$)	6.610,90	5.359,50	4.031,90	4.603,20	6.007,00	6.714,30
TOTAL ANUAL(\$)	33.326,80					
Amortización [Años]	7,88					

### 5.2.1 Conclusiones

1. Como resultado del estudio, se observa en la figura 6 que con los precios actuales de la energía eléctrica, los periodos de amortización de los equipos FV superan ampliamente a la vida útil de los mismos (23,03 años), por lo cual los sistemas nunca retornarían su inversión inicial. Esto los vuelve inviables económicamente.
2. En el caso actual donde el pago a prosumidores es de 6,5 \$/kWh, los sistemas FV se amortizarían al 40 % de su vida útil (12,12 años).
3. La tercera apreciación de la tabla N° 6 es en el caso de abonar un valor de 10\$/kWh, en este caso los sistemas FV propuestos se vuelven totalmente viables económicamente, y los periodos de amortización se vuelven casi iguales a los estimados en países vecinos como Uruguay, Chile y Brasil, donde el retorno de la inversión es de aproximadamente de 8 a 9 años.
4. Realizando el mismo estudio, pero con una reducción inicial del precio de 2 componentes importados y la estructura portante (21% IVA), los cuales conforman el 71% del costo total de la instalación según lo observado en la gráfica de la figura 8. Se lograría bajar el repago inicial a 19,41 años con el costo actual de la energía.
5. Si se aplica la tarifa de Prosumidor EPE y la reducción de costos, el tiempo de repago se reduce a 10,21 años.
6. Y si se aplica una tarifa diferenciada al usuario- generador de 10 \$/kWh el repago es mucho menor al de la tabla 6, siendo de 6,64 años. Con ello se consigue mayor reducción en el tiempo de repago para las tres propuestas estudiadas.



## 6. CONCLUSIONES FINALES

1-La energía fotovoltaica es la única que convierte directamente la energía solar en eléctrica, con tecnología altamente confiable y no contaminante, bajos costos de operación y de mantenimiento, mejor opción de las fuentes renovables de energía para introducir en el ámbito urbano, permite un diseño modular aplicable en los más diversos sitios y para muy diferentes usos, fácil de producir e instalar a escala masiva, permite generar empleos con un desarrollo industrial sustentable. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión presentan una gran ventaja económica al no poseer sistema de acumulación. Además mejora la calidad del servicio de la energía suministrada por la red, procurando que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincida con horas en que los problemas de suministro de las compañías eléctricas sean más graves.

2-Las plantas fotovoltaicas se construyen cerca de la demanda eléctrica y son mucho más fáciles de construir, de instalar y de expandirse en la medida en que la demanda se incrementa. A lo anterior se le añade la ventaja de que no consumen combustibles fósiles y no contaminan. La incorporación de productores de energía (usuario - generador) a una red de distribución convencional logra mejorar la fiabilidad del suministro de energía, y reduce la necesidad de inversiones en transmisión y distribución que sirven a la demanda creciente, producir energía con paneles FV cuando la demanda de un país es máxima es de gran importancia porque hace innecesaria la construcción de nuevas plantas de generación que satisfagan los picos de demanda. Apostar por la generación distribuida es desde luego conseguir disminuir los cortes en el suministro al reducir la congestión del sistema. Se puede asegurar entonces que la generación distribuida junto con la eficiencia energética son las dos mejores políticas energéticas que pueden acometerse en economías en expansión.

3-Para el desarrollo y fomento de este tipo de generación de energía distribuida en nuestro país se deberían realizar acciones tendientes a desarrollar una normativa clara y sencilla de forma de crear la figura del usuario – generador, sincerar los costos de la generación eléctrica por medios convencionales (térmicos, hidráulicos, nuclear) y simplificar las trabas fiscales y de importación para los proveedores e instaladores de sistemas de generación FV

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clark W. Gelling, P.E. (2009). *The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response*. The Fairmont Press, Inc.
- Falk,A.,Dürsschner,C ,Remmers,K (2006). *Fotovoltaica para Profesionales*. Editorial Progensa.
- Fernandez Salgado,J.(2010).*Compendio de Energia Solar*. AMV Ediciones
- Krarti, M. (2000). *Energy Audit OF Building Systems*. CRC Press
- Quadri,N. (2005). *Energía Solar*. Librería y Editorial Alsina
- Rey Martinez, J. &Velasco Gómez, E (2006). *Eficiencia Energética en Edificios*. Thomson Editores
- Mc Lean – Conner, P. (2009) *Energy Efficiency: Principles and practices*. Penn well Corporation.
- Negroni, J. 2013 -*Diseño y Dimensionamiento de sistemas solares Fotovoltaicos conectados a la red*, CDT – Camara Chilena de la Construcción
- Rey Martínez, J. &Velasco Gómez, E (2005) *Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios*. Thomson Editores
- Sardón, J., García, F., González, J., García, F., García, M., & Martínez ,A.(2007). *Energías Renovables para el desarrollo*. Thomson Editores
- Seba (Servicios Energéticos Básicos Autónomos) (2004) *Tejados Fotovoltaicos: Energía solar conectada a la red eléctrica*.

- 
- *Solar Energy International. (2008). Photovoltaics Desing and Installation Manual. New Society Publishers.*
  - *Viloria, J. (2008). Fuentes de Energía. Paraninfo.*
  - *Wenham, S.R., Corkish, R., Green, M. A., Watt, M.E. (2006) Applied Photovoltaics*

# MORTEROS SUSTENTABLES: ESTUDIO DE ADHERENCIA DE MORTEROS CON INCORPORACION DE CAUCHO RECICLADO

Rosa Carina Andrada ([carina\\_andrada@hotmail.com](mailto:carina_andrada@hotmail.com)); Virginia Mugetti ([vikymugetti@hotmail.com](mailto:vikymugetti@hotmail.com)); Florencia Gutierrez ([fgutierrezcorujo@gmail.com](mailto:fgutierrezcorujo@gmail.com)); Bárbara Belén Raggiotti ([belenraggiotti@gmail.com](mailto:belenraggiotti@gmail.com)); Francisco Ludueña ([franludu07@gmail.com](mailto:franludu07@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad (CINTEMAC) - Arg.

**Palabras clave:** morteros, caucho reciclado, sustentabilidad, adherencia

*El presente trabajo surge de la necesidad de encontrar alternativas de reutilización y reciclado de materiales que son considerados desechables, como son los neumáticos fuera de uso. La disposición final hoy en día no tiene una respuesta eficaz, suele ser una acumulación a cielo abierto de grandes volúmenes constituyendo una problemática ambiental e impactando en la calidad de vida de las personas. En una investigación anterior se elaboraron morteros de cemento en los que se reemplazó arena por caucho triturado en los que se evidenciaron mejoras en las propiedades térmicas y menor densidad.*

*Teniendo en cuenta ese antecedente se genera el estudio de morteros de cemento y cal como aglomerantes, y arena como agregado inerte. Se diseñaron morteros de cemento-cal-arena 1:1:6, y con morteros con reemplazo de 5%, 10% y 15% de arena por caucho triturado. Se ensayaron estado fresco consistencias y tiempos de utilización, y en estado endurecido resistencias mecánicas a la flexión, compresión y adherencia. La adherencia es una propiedad poco estudiada a pesar de ser fundamental en la aplicabilidad en obra de morteros. Es la capacidad del mortero para absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interface mortero-base, indicando la resistencia a la separación del mortero sobre su soporte, y fue medida con Pull Off sobre ladrillos block revocados con las diferentes dosificaciones.*

*La metodología de trabajo consistió en la caracterización los materiales a utilizar, ensayos en estado fresco y endurecido, y comparación de los resultados con las exigencias de la normativa vigente. Los resultados demostraron que morteros de cemento y cal con la incorporación de 5%, 10% y 15% de caucho en reemplazo de arena resultan factibles de aplicación en obra por su tiempo de utilización y resistencias mecánicas. Además, presupone una mejora ambiental debido a la reutilización de desechos de neumáticos para la industria de la construcción.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La problemática actual del consumismo desmedido de la sociedad ha generado una cultura de productos desechables lo cual presenta dos problemáticas potenciales: la primera es el agotamiento de recursos y el gran consumo energético en la manufactura de productos y la segunda, la disposición final de los residuos generados.

En busca de soluciones a esta problemática, y como antecedentes a este estudio, desde el Laboratorio de Materiales de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba, conjuntamente con el Centro de Investigaciones de Materiales de construcción CINTEMAC, se han desarrollado morteros con residuos de construcción de obra triturados como parte de agregado inerte, verificando su aplicación en obra [1]. También se abordó la problemática de reutilización de residuos de difícil disposición final usando cenizas de cascara de maní y girasol como adición [2] y como porcentaje de

sustitución de cemento [3]. También se utilizaron zeolitas naturales en polvo como reemplazo de un porcentaje de aglomerante logrando morteros sustentables por la disminución de uso de cemento y a la vez mejorado las características de conductividad térmica de los morteros resultantes [4].

El caso particular de los neumáticos en desuso o correas no posee una respuesta eficaz en el mundo, y es una problemática que afecta directamente en el medio ambiente y en la calidad de vida de las personas, debido a que es un residuo que su degradación lleva demasiado tiempo y son voluminosos en su disposición final. Se plantea esta investigación para contribuir a la inclusión de estos elementos al sistema, reutilizando el caucho triturado en la industria de la construcción como parte inerte en los morteros de albañilería, tanto morteros de unión como revoque.

Es conocido que la trituración de los productos fuera de uso de caucho tiene utilidades muy variadas como aditivos de mezclas en asfaltos para caminos, superficies de pistas deportivas, etc. Los elastómeros o cauchos son materiales poliméricos cuyas dimensiones pueden variar según sea el tipo de esfuerzo al que son sometidos, volviendo a su forma cuando el esfuerzo se retira. Teniendo en cuenta esas características elásticas, baja densidad, compatibilidad con el cemento y estabilidad química del caucho se inició una línea de investigación incorporando caucho a morteros cementicios buscando mejorar la aislación térmica y disminuir peso estructural [5].

En esta etapa de investigación se desarrollaron morteros, para ser aplicados como revoques y/o morteros de juntas, utilizando como aglomerantes cemento y cal y como agregados inertes arena y caucho triturado. El patrón de comparación fue un mortero 1:1:6 designado MPCC y 3 morteros con sustitución del 5, 10 y 15 % de arena por caucho triturado designados MCC5, MCC10 y MCC15 respectivamente. Se dosificaron con el parámetro de consistencia y en estado fresco se determinaron además los tiempos de utilización como un parámetro para verificar su aplicabilidad en obra. Se moldearon probetas para determinar propiedades mecánicas de resistencias a compresión y flexión y para calcular densidades. A estos ensayos se les sumó el de adherencia. La adherencia es la propiedad que poseen los morteros de pegarse a los materiales con los cuáles está en contacto. Se utilizó un medidor digital de adherencia *Pull Off* con capacidad máxima de carga de 16 KN, y siguiendo los lineamientos de Norma IRAM 1764 [6].

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general:**

Incorporar del caucho reciclado triturado como parte de agregado inerte en morteros de cemento y cal, sin que se vean afectadas las propiedades de los morteros.

### **2.2. Objetivos particulares:**

Verificar del comportamiento del mortero con incorporación de caucho triturado en reemplazo en diferentes porcentajes de arena.

Verificar las propiedades elásticas del caucho, baja densidad, compatibilidad con el cemento y estabilidad química.

Verificar que las propiedades físicas y mecánicas encuadren dentro las normativas de morteros en la República Argentina.

Verificar que el tiempo de utilización de la mezcla con reciclado se apto para su aplicabilidad en obra.

Verificar que la adherencia de los morteros con reciclado sea compatible con lo exigido por la normativa.

### 3. METODOLOGÍA

El desarrollo del plan experimental consistió en el diseño de cuatro mezclas de morteros diferentes. El mortero patrón que se utilizó para comparar se denomina MPCC compuesto por cemento portland y cal como aglomerantes, y como agregado natural arena. Su dosificación es 1:1:6 cemento:cal:arena. El resto de las mezclas son una variación de esta primera sustituyendo parte del agregado por un 5%, 10% y 15% por caucho triturado, designadas como MCC5, MCC10 y MCC15 respectivamente.

Se caracterizaron los materiales, y se dosificaron los morteros proponiendo una consistencia de diseño según lo establece norma IRAM 1676 [7]. Se determinaron en estado fresco las consistencias y tiempos de utilización.

Para los ensayos en estado endurecido se confeccionaron probetas de 4 x 4 x 16 cm para calcular las resistencias a compresión y a flexión a 7 y 28 días. Sobre estas probetas se determinaron las densidades. Las muestras para el ensayo de adherencia por el método de *Pull Off* se realizaron revocando 2 cm de cada mortero sobre ladrillos bloque de hormigón de 19 cm x 39 cm x 12 cm. Las adherencias se determinaron a 7 y 28 días.

Finalmente, los resultados de todas las series se compararon y se verificaron si encuadraban en la normativa vigente.

#### 3.1. Caracterización de los materiales utilizados

Se realizaron las caracterizaciones físicas de los materiales a utilizar en la elaboración de mortero: cemento, cal aérea hidratada, arena y caucho triturado.

##### 3.1.1. Aglomerantes

Cemento portland con *filler* calcáreo denominado CPF40, de procedencia de la provincia de Córdoba. Es un Cemento portland de uso general, apto para estructuras de hormigón armado, según Norma IRAM 50.000, cuya resistencia mecánica mínima exigida a compresión a 28 días es de 40 Mpa. Densidad= 3,02 g/cm<sup>3</sup>.

Cal aérea hidratada, para mejorar la trabajabilidad del mortero, de procedencia provincia de Córdoba. Cumple requisitos Norma IRAM 1626 Cales Clase A.

##### 3.1.2. Agregados pétreos

La arena presentaba partículas de forma redondeada, de origen natural de cauces de ríos de Córdoba. La muestra analizada no contenía impurezas, sales ni tierra. Se caracterizó con peso específico, módulo de finura y porcentaje de absorción según Norma IRAM 1520 [8]. En Tabla 1 se presentan los valores de caracterización física. En Figura 1 se presenta la distribución granulométrica.

Tabla 1. Caracterización de agregado natural

Agregado	Peso específico	Módulo de finura	Absorción
Mezcla de arenas	2,58 gr/cm <sup>3</sup>	2,73	0,95%



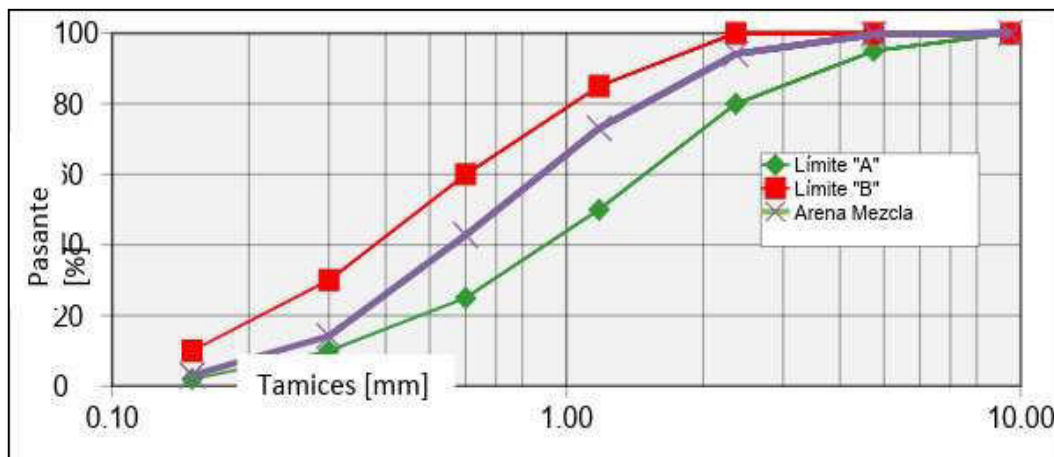


Figura 1. Granulometría de arena mezcla

### 3.1.3. Agregado de sustitución: caucho molido

Se utilizó caucho molido tipo bolita, libre de impurezas, telas y alambre. Dicho caucho molido proviene de una empresa que se dedica a la trituración del mismo, y cuya aplicabilidad convencional es canchas de fútbol con césped sintético. El procedimiento que se efectúa en la planta es: una trituración primaria para disminuir el volumen, una segunda trituración para eliminar la forma original del reciclado, un acopio intermedio del material, para finalmente darle la última molienda, separándolo y haciendo la respectiva elección granulométrica.

Para esta investigación se utilizó una muestra cuya granulometría se encuentra entre lo retenido del tamiz N° 8 y el N° 30 de manera de descartar la parte más fina y pulverulenta. Se presenta la curva granulométrica en la Figura 2.

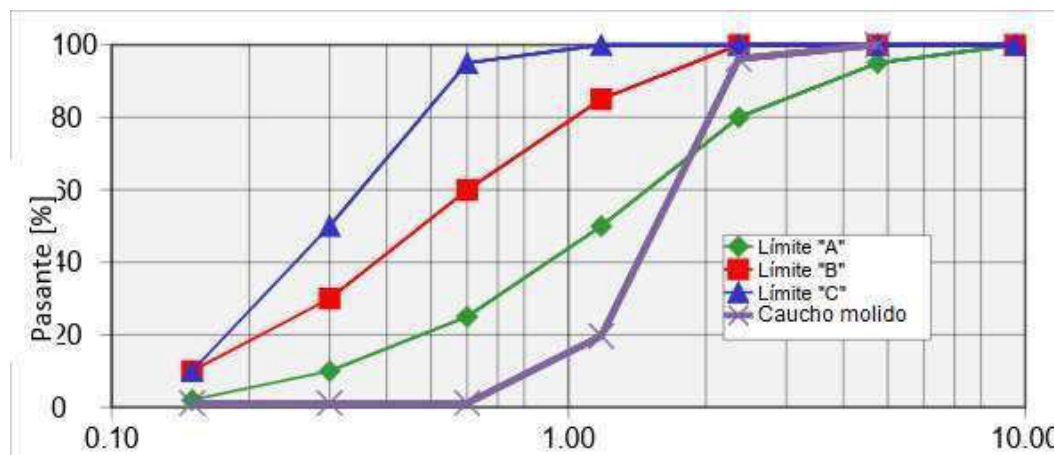


Figura 2. Granulometría del caucho molido

### 3.2. Dosificaciones

La dosificación planteada fue 1:1:6 compuesto por cemento:cal:arena, y según corresponda, el porcentaje de caucho para reemplazar arena. La consistencia fue el parámetro para dosificar según lo indica la Norma IRAM 1676. Se determinó por el método del escurrimiento en la mesa *Flow Table*. Al tener fijos las cantidades de agregados y aglomerantes la variable fue el agua necesaria para obtener escurrimiento de 210 cm que equivale a una consistencia de 110 %. En Tabla 2 se presentan las dosificaciones definitivas.

Tabla 2. Dosificaciones, consistencia. Relación agua/cemento

Muestras	Cemento (gr)	Cal (gr)	Arena (gr)	Caucho (gr)	Agua (gr)
MPCC	250	250	1500	-	350
MCC5	250	250	1425	75	367
MCC10	250	250	1350	150	385
MCC15	250	250	1275	225	410

### 3.3. Ensayos en estado fresco

Los pastones de mortero se realizaron siguiendo la Norma IRAM 1622, teniendo en cuenta tiempo de mezclado y procedimiento general de colocación de los materiales. Primeramente se realizaron los ensayos en estado fresco y luego se moldearon probetas en moldes prismáticos llenados en dos capas y se compactaron en compactadora mecánica.

#### **Ensayo de consistencia**

La consistencia de un mortero define la manejabilidad o trabajabilidad del mismo. Es una medida de la plasticidad de la mezcla, la que se mejora con la adición de cal. La consistencia en laboratorio se determina por la mesa de sacudidas, *Flow Table*.

#### **Ensayo de tiempo de utilización**

El tiempo de utilización establecido por la Norma IRAM 1732 [9], indica el tiempo transcurrido desde el mezclado del mortero hasta que éste ya no puede ser utilizado, lo que ocurre cuando el escurrimiento definido en la Norma IRAM 1570 [10] es un 20% menor que el valor especificado para el mortero de ensayo.

### 3.4. Ensayos en estado endurecido

En estado endurecido se determinaron densidad, resistencia a compresión y a flexión, y adherencia.

Las resistencias a compresión y flexión del mortero se obtienen conforme a los resultados del ensayo de probetas prismáticas de 4 x 4 x 16 cm a 7 y 28 días, conservadas en laboratorio según condiciones normalizadas de temperatura y humedad.

Se utilizó una prensa hidráulica, para mayor precisión de resultados se utilizó un dispositivo de ensayo para compresión de morteros y celdas de carga de 20 y 200 Kn para mayor precisión de lectura en cargas bajas.

#### **3.4.1. Resistencia a flexión**

Los valores de resistencia a flexión se determinaron a 7 y 28 días en probetas prismáticas de según lo indica la Norma IRAM 1622 [11]. Con esas mitades que resultan del ensayo a flexión se procede al ensayo de compresión. Los valores finales de resistencia fueron calculados por media aritmética.

#### **3.4.2. Resistencia a compresión**

Los valores de resistencia a compresión se determinaron a 7 y 28 días. Los valores finales de resistencia fueron calculados por media aritmética.

#### **3.4.3. Adherencia de los revoques**

La adherencia se define como la resistencia a la tracción máxima de la unión entre un mortero y un soporte definido y se determina por medio de un ensayo de arrancamiento

directo perpendicular a la superficie del revoque. La fuerza de tracción se aplica por medio de una placa de arrancamiento de un área predeterminada del revoque, que se obtiene cortándola con una sonda rotativa.

Se utilizó para este ensayo el dispositivo *Pull Off tester*. La adherencia a tracción definida en la Norma IRAM 1764, se calcula como el cociente entre la carga máxima y el área de ensayo.

Con cada tipo de mortero se revocó sobre un ladrillo bloque de hormigón con una capa de 2 cm de espesor de mortero. Se cortaron las muestras con la sonda, previendo una distancia entre cada una de ellas de un diámetro de sonda. Las placas de arrancamiento fueron pegadas con una mezcla epoxi sobre el revoque. Se ejecutaron los ensayos a 7 y a 28 días.

En Figura 3 se muestra equipo de ensayo y muestra del arrancamiento en un mortero.



Figura 3. Ensayo de adherencia, muestra de ensayo y equipo de Pull Off

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resultados de ensayos en estado fresco consistencia y tiempo de utilización

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos de tiempo de utilización.

Tabla 3. Resultados de ensayos en estado fresco

Muestras	Tiempo de utilización (min)
MPCC	105
MCC5	90
MCC10	85
MCC15	70

### 4.2. Resultado de ensayos en estado endurecido

Los resultados en estado endurecido se presentan en Tabla 4. En la misma puede observarse el resumen de los resultados de ensayos de laboratorio de resistencias a compresión, flexión y adherencias a 7 y 28 días. También se expresan los valores de densidades.

Tabla 4. Resultados de ensayos en estado endurecido

Muestra	Resistencia compresión 7 días (Mpa)	Resistencia compresión 28 días (Mpa)	Resistencia a flexión 7 días (Mpa)	Resistencia a flexión 28 días (Mpa)	Adherencia 7 días (KN)	Adherencia a 28 días (KN)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )

MPCC	4,18	5,57	1,46	2,29	0,50	0,63	2,12
MCC5	3,30	5,28	1,08	1,84	0,28	0,32	2,04
MCC10	1,72	2,75	0,81	1,23	0,14	0,29	1,96
MCC15	1,51	2,50	0,74	1,2	0,13	0,15	1,85

## 5. DISCUSIONES

Las propiedades relativas al estado fresco se relacionan con la puesta en obra e influirán principalmente en el rendimiento y la calidad de la ejecución.

A medida que aumenta el porcentaje de caucho en la mezcla se incrementa la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia del 110%.

Los tiempos de utilización disminuyen a medida que se incorpora mayor cantidad de caucho triturado.

Se exponen en Tabla 5 los valores mínimos de resistencia a compresión a 28 días dados por Norma IRAM 1676. Allí se expresa su nomenclatura, calidad y los diferentes usos o destinos sugeridos.

Tabla 5. Valores normativos de resistencias a compresión

Tipo	Calidad	Destino sugerido	Resistencia mínima a compresión (MPa)
E	Elevada	Muros y zapatas de fundación	15
I	Intermedia	Muros portantes sometidos a altos esfuerzos	10
N	Normal	Muros portantes con cargas moderadas	5
No portante	No portante	Tabiques interiores no portantes, divisorios o decorativos	2,5

Los MPCC y MCC5 se clasifican como morteros tipo N de calidad normal siendo su destino muros portantes con cargas moderadas, lo que permite que sean utilizados en las envolventes de viviendas de una sola planta y los MCC10 y MCC15 se clasifican como morteros tipo No portante para tabiques interiores no portantes.

Los valores de adherencia a tracción disminuyen a medida que se incorpora más porcentajes de caucho. Debido a que los valores límites de resistencia a tracción por el ensayo de adherencia no se encuentran normalizados, se compararon los valores obtenidos con estudios anteriores, los que constituyen una referencia. Los resultados obtenidos indican que la resistencia a tracción obtenida por el ensayo de Pull Off se encuentran dentro de los parámetros normales, de acuerdo a los trabajos “La adherencia en los Morteros de albañilería” [12] y “Estudio comparativo de morteros empleados como revoques en nuestro medio” [13].

Las densidades de los morteros disminuyen con respecto al porcentaje de caucho incorporado.

## 6. CONCLUSIONES

El uso de caucho en morteros disminuye los problemas causados al medio ambiente, revalorizando el desecho y disminuyendo el problema de la disposición final del mismo.

Los resultados de los estudios realizados en laboratorio indican que las propiedades físicas y mecánicas de los morteros con caucho en los porcentajes estudiados, se asemejan a los morteros convencionales sin adiciones. Los valores obtenidos se

encuentran dentro de los rangos establecidos en la normativa vigente para morteros en la Argentina, en dos aplicaciones diferentes, por lo tanto, podemos concluir que es viable su utilización en los mismos.

Los MCC5 conservan prácticamente los mismos valores de resistencia a compresión que los MPCCC, pero su adherencia a 28 días disminuye casi un 50 %. La densidad disminuye por lo tanto el peso estructural.

Los MCC10 y MCC15 disminuyen casi a la mitad las resistencias a compresión, flexión y adherencias con respecto al MPCC. Sin embargo, cumplen con lo requerido para muros no portantes.

Los valores de adherencia en la serie de dosificaciones con caucho incorporado son coherentes con los resultados obtenidos de tiempos de utilización y los valores de resistencia a compresión, disminuyendo sus valores a medida que aumentan los porcentajes de caucho incorporado. Así mismo, son compatibles con los valores de trabajos anteriores que se utilizan como referencia.

Los tiempos de utilización todas las mezclas con caucho triturado son apropiadas para su aplicabilidad en obra.

Los valores obtenidos en ensayos de laboratorio en estado fresco y endurecido indican que es factible la utilización de caucho, aprovechando sus propiedades elásticas, baja densidad, compatibilidad con el cemento y estabilidad química, no afectando considerablemente la calidad de los morteros obtenidos.

El caucho puede utilizarse como agregado inherente en reemplazo de arena, obteniendo una ventaja con respecto al mortero patrón por disminución de peso estructural. Las propiedades físicas y mecánicas encuadren dentro las normativas de morteros.

Debido a que los resultados son satisfactorios, esta investigación continua con la aplicación del ensayo de retentividad, que permite determinar la capacidad del mortero para retener el agua de amasado.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrada, R.; Baronetto, C; Positieri, M; Oshiro, A. *Estudio de morteros elaborados con agregado de reciclado de residuos de la construcción*. 51º Congresso Brasileiro do Concreto, Brasil – ISBN 978-987-21660-3-8. Edición 17. Pp 53-60 ( 2009).
- Andrada, R.; Baronetto, C; Positieri, M; Oshiro, A. *Uso de cenizas de cáscaras de girasol y maní como adición en morteros*. Anais do 53º Congresso brasileiro do Concreto CBC2011. Florianopolis, Brasil. ISSN 2175-8182, (2011).
- Kreinker, J.; Andrada, R.; Gatani, M.; Positieri, M.; Quintana Crespo, E; Sable, L. *Evaluación del comportamiento puzolánico de cenizas de cascara de maní para su uso como aglomerante sustituto en morteros cementicios*. IX Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras IX International Congress on Pathology and Recovery Structures João Pessoa-PB (Brasil), 3 - 5 de Junio de (2013).
- Andrada, R.; Baronetto, C; Positieri, M; Oshiro, A. *Evaluación térmica de morteros elaborados con zeolita como porcentaje de sustitución de aglomerante*. Asociación Argentina de energías renovables ASADES. Rosario, Argentina. ISSN 0329-5184, (2012).
- Andrada, R; Mugetti, V. *Morteros sustentables con reemplazo de agregado fino por caucho*.
- Congreso AATH, Olavarria, Buenos Aires Argentina 2018
- IRAM 1764. *Morteros. Método de ensayo de adherencia de los revoques y carpetas*. (2003).
- IRAM 1676. *Morteros para Mampostería Clasificación y Requisitos*. (2012).



- IRAM 1520. *Agregados finos. Métodos de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, de la densidad relativa aparente y de la absorción de agua. (2002).*
- IRAM 1732. *Morteros para mampostería. Mortero fresco. Determinación del tiempo de utilización. (1997)*
- IRAM 1570. *Morteros para Mampostería Determinación de la consistencia. Método del escurrimiento. (1994)*
- IRAM 1622. *Cemento Pórtland Métodos de determinación de las resistencias a compresión y flexión. (2006).*
- *Cabrera, J. La adherencia en los morteros de albañilería. Cuba, (1995).*
- *Granero, P. Rodríguez de Sénsale, G. Estudio comparativo de morteros empleados como revoques en nuestro medio. VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. Cinpar 2010. Córdoba, Argentina, (2010).*

## USO EFICIENTE DA ENERGIA EM SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO EXTERNA

*Belayne Marchi (belaynez@hotmail.com); Cristiano Gomes Casagrande (casagrandejf@yahoo.com.br); Maria Teresa Gomes Barbosa (teresa.barbosa@engenharia.ufff.br)*

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia (UFJF) - Brazil

**Palavras chave:** Eficiência Energética, Fotometria, Iluminação pública

*A humanidade ao longo do tempo, vem desenvolvendo formas de iluminação artificial. A luz é uma fonte de energia bastante necessária, que permite realização de inúmeras tarefas. Um ambiente com luz adequada, proporciona conforto visual, bem-estar, segurança e eficiência. Ao anoitecer, quando se precisa dispor de fontes de luzes artificiais, exigirá certo consumo de energia, acarretando um custo econômico e em especial impacto ambiental.*

*O uso eficiente da energia elétrica é um tema relevante e se torna essencial para o desenvolvimento sustentável, a medida que propostas de minimizar o desperdício de energia surgem, e assim favorecendo a preservação do meio ambiente. Atualmente, os projetistas de sistemas de iluminação externa, não consideram que a percepção da luz feita pelo olho humano, tenha respostas visuais distintas, e conseqüentemente produzem iluminação acima do necessário, gastando mais energia, consumindo mais recursos naturais.*

*Ao se ajustar a fotometria usada nos projetos luminotécnicos, ou seja, ajustar a quantidade de luz visível emitida por qualquer fonte luminosa, a fim de que o nível de iluminação seja realmente condizente com a verdadeira sensação de claridade, esta se buscando maior eficiência no uso da energia. Nesse contexto, pode-se mencionar a questão da eficiência energética como um dos motivadores centrais para este estudo, que tem como objetivo avaliar comparativamente projetos de iluminação convencionais em vias de iluminação pública, e com a fotometria corrigida, com auxílio de software de simulação.*

*Assim, junto aos conceitos que norteiam uma construção sustentável, propor diretrizes para promoção da eficiência energética e trazer benefícios tais como contribuição à sustentabilidade do setor energético, desenvolvimento social e econômico assim como benefícios ambientais.*

### 1. INTRODUÇÃO: OS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Desde os tempos mais primórdios, a iluminação sempre teve papel relevante para a humanidade, que ao longo do tempo, busca maneiras de dispor de iluminação durante a noite ou em espaços confinados sem iluminação natural. Várias tecnologias de iluminação estão cada vez mais sendo desenvolvidas, e a partir do século XIX, com a revolução industrial, a eletricidade se expandiu por todo o planeta. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2015), entre 2015 a 2040, a necessidade de utilização de energia no mundo deverá crescer um terço. Dados muito preocupantes, uma vez que 81% da energia consumida mundialmente provém de três fontes não renováveis como petróleo, carvão mineral e gás (EPE, 2018).

Grande parte de toda energia elétrica consumida no mundo é empregada em iluminação artificial, a estimativa atual, é que de toda a energia elétrica produzida no mundo, 30% aproximadamente seja utilizada para a produção de iluminação artificial, o que nos alerta que qualquer avanço no sentido de aprimorar os sistemas de iluminação atuais e assim fazer melhor uso da energia, utilizando-a de forma mais eficiente, são ganhos muito

positivos nos impactos econômicos e principalmente ambientais. O gasto com iluminação artificial representa uma grande fatia nos gastos energéticos do país, que chega bem próximo a 34% de toda energia elétrica consumida no Brasil (EPE, 2018), e portanto, tem uma elevada contribuição ao impactos econômicos e ambientais.

Logo, um tópico importante e essencial para o desenvolvimento sustentável são buscar alternativas e reformas na reestruturação da energia junto a projetos para a redução do consumo de energia elétrica. Principalmente, pela atenção dada a diminuição dos recursos naturais ao longo dos anos, com as inúmeras consequências climáticas ao redor do mundo devido ao seu mal-uso. Assim, minimizando o desperdício de energia favorece-se a preservação do meio ambiente, além de produzir significativos impactos econômicos e ambientais como preservação de mananciais de água potável, no manejo do ciclo hidrológico das regiões e da não emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Portanto, a estrutura energética de um país é um segmento de cunho estratégico por interferir diretamente na economia, sua autossuficiência é desejável, assim como produção de energia a baixos custos e uso de tecnologias mais eficientes. Na iluminação pública, há cerca de 50 anos se usam lâmpadas de descarga em alta pressão (HID – do inglês High Intensity Discharge), que representam 95% dos pontos de iluminação pública no Brasil, segundo levantamento feito pela Eletrobrás (ELETROBRAS, 2017). Em comparação com as lâmpadas incandescentes ou fluorescentes, já há evolução, pois as HID são bem mais eficientes que suas antecessoras.

Assim, na busca de produtos cada vez mais eficientes, o LED (lighting emitting diodes), aparece como um grande avanço tecnológico no momento, e vem ganhando espaço nas aplicações de iluminação em geral, que vem em ritmo crescente de evolução. Tudo isso devido a suas características de elevada eficácia luminosa, elevado índice de reprodução de cor, elevada resistência mecânica e longa vida útil, podendo chegar até 100.000 horas, (Laubsch et al, 2010). Além de todos esses aspectos, os LEDs agridem menos o meio ambiente, pois não contêm gases tóxicos em seu interior como os que estão presentes nas lâmpadas de descarga em alta pressão.

Além de todos esses benefícios mencionados em relação ao LED, quando se considera que o olho humano tem diferentes respostas visuais para vários tipos de ambiente e níveis de luminosidade, pode-se aumentar ainda mais sua eficiência em comparação com outras fontes de iluminação (Helene et al, 2011). Detaca-se portanto, que a percepção do indivíduo sobre o ambiente é de fundamental importância na elaboração de um projeto de iluminação, dispondo de luz suficiente para iluminar todo ambiente, porém sem desperdiçar energia dispondo mais que o necessário para a iluminação.

Uma superfície que está sendo iluminada, reflete uma intensidade luminosa que se divide em várias áreas visíveis para os olhos. A luminância pode ser descrita como a quantidade de luz, que passa através ou é refletida a partir de uma superfície em um certo ângulo e indica o quanto de energia luminosa pode ser percebida pelo olho humano. Em ambientes bem iluminados, com altos níveis de luminância, a sensibilidade da visão humana responde ao regime fotópico. Opostamente, quando a luminância é muito baixa, ou um ambiente com iluminação mínima, tem-se o regime escotópico (Casagrande, 2016).

A fotometria clássica no entanto, está baseada na sensibilidade da visão sob o regime fotópico, porém, em ambientes externos de iluminação, como encontrado em ruas e estacionamentos por exemplo, podemos trabalhar com condições intermediárias da visão (mesópicas). Portanto, ao se corrigir a grandeza fotométrica, possibilita que o nível de iluminação realmente seja condizente com a verdadeira sensação de claridade, ou seja, continuar iluminando com a mesma qualidade de antes, mas sem iluminar mais que a visão

humana é capaz de enxergar, dessa forma então é possível que o consumo de energia para iluminar seja reduzido.

Desse modo, o objetivo desse trabalho é comparar projetos de iluminação em vias públicas que utilizam o sistema convencional (fotópico), com projetos que priorizam a fotometria mesópica. Ao se ajustar o nível de luminância nos projetos de iluminação, reduz-se a demanda de energia, conseqüentemente há redução de custos e melhor emprego à energia e seus serviços. Assim o tema motivador central desse trabalho, é a eficiência energética em sistemas de iluminação pública

## 2. RESPOSTA VISUAL NA FOTOMETRIA MESÓPICA

Os projetos de iluminação visam fornecer iluminação artificial satisfatória para os usuários. Um ambiente munido de luz artificial, provoca estímulos visuais em termos de quantidade, qualidade e distribuição da luz. O olho humano faz parte de um sistema óptico complexo, e tem diferentes respostas conforme a luz ambiente. É um órgão refinado, apto a gravar e processar imagens por meio da incidência de luz e converte-la em sinais elétricos enviados ao cérebro. É constituído de células sensoriais, nervos, músculos, grupo de lentes e fluidos lacrimais (Helene et al, 2011).

A íris é a parte mais visível do olho, e coordena a passagem de luz para seu interior, alterando o tamanho da pupila, que pode dilatar ou reduzir de acordo com a incidência de luz. Os raios luminosos ao atravessarem a pupila, atingem a retina onde a imagem é formada. A retina contém células fotossensíveis que captam os estímulos luminosos, denominadas cones e bastonetes. Os cones, aglomerados na região central da retina, tem menor sensibilidade à luz, no entanto apresentam melhor resposta visual na percepção das cores. Já os bastonetes, apesar de serem mais sensíveis à luz, não reconhecem as cores, mas dão a percepção de claro e escuro, em condições de baixa luminosidade, com mais contrastes do cenário visual.

É necessário ressaltar que por o olho humano comportar-se de maneiras diferentes de acordo com as condições de luminosidade, as células fotorreceptoras responderão de acordo com esse ambiente de iluminação, sempre uma célula sendo predominante à outra, ou seja, cones prevalecendo sobre bastonetes ou vice versa. Nesse caso, por exemplo, quanto maior for a incidência de luz sobre a pupila, mais contraída ela se encontrará, e dessa forma, a luz ao invés de se expandir pelo globo ocular, irá atravessar a pupila como um feixe de luz focalizado na região central da retina. Assim, como os cones estão concentrados na região central do olho, as células se sobressairão sobre os bastonetes, permitindo boa definição e diferenciação das cores.

Dessa forma, onde há grande incidência de luminosidade, a sensibilidade do olho responderá à visão fotópica. Opostamente, na redução da incidência de luz, ocorre a dilatação da pupila, permitindo que a luz atravesse de forma mais ampla, preenchendo toda retina. Em consequência, os bastonetes predominarão sobre os cones, dando sensação de claridade, contraste, mas sem percepção de cor, ou visão escotópica (Nogueira et al, 2014), (Maggi et al, 2012).

Assim, quando os ambientes estão com alto e baixo nível de iluminação, eles podem ser definidos como ambientes em regime de operação fotópicos e escotópicos respectivamente. Já na visão mesópica, é um estágio de transição entre a visão fotópica e escotópica por se entrar numa faixa intermediária. Nesse regime, o sistema visual combina sinais entre cones e bastonetes e essas interações podem modificar a experiência perceptiva e alterar quase todos os aspectos do processamento visual, incluindo a detecção visual, observado na maioria dos ambientes noturnos de iluminação de tráfego e trânsito. (Rodrigues, 2012)

As curvas de sensibilidade espectral relativa ao olho humano para esses regimes de operação foram reformuladas segundo a CIE, 2010 (Commission Internationale de l'Éclairage, Comissão Internacional de Iluminação), vide figura 1. A sensibilidade visual depende da luminosidade e do comprimento de onda (cor), visível de 380 nm (alta frequência) a 780 nm (baixa frequência).

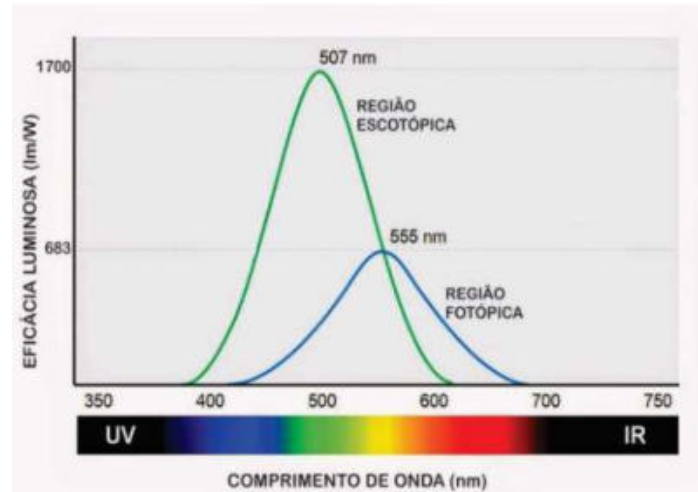


Figura 1 - Curvas de sensibilidade espectral (Harrold, 2003)

### 3. ADAPTAÇÃO DA FOTOMETRIA PARA CONDIÇÃO MESÓPICA

O fluxo luminoso é fundamentado na resposta visual humana correspondente ao regime fotópico desde a década de 20. A CIE vem discutindo padrões para fotometria clássica, para ambientes fechados, onde se necessita de luz artificial em seu interior e bons níveis de luminância. É justificável usar esse padrão de resposta visual se considerar somente a parte interna, porém em ambientes externos, como no caso de iluminação pública, pode não se aplicar, por ser uma situação onde o olho responde melhor a condição mesópica, com uma sensação de claridade mais condizente com a realidade e maior eficiência.

Uma adaptação da fotometria convencional, onde a condição mesópica fosse considerada resolveria o problema. Contudo, o uso desses modelos é bastante complexo, e a faixa entre escotópico e fotópico, existem múltiplos valores de luminância, o que resultaria em múltiplos sistemas de adaptação de grandezas, o que dificultaria a interpretação dos resultados. Além disso, utilizam-se equipamentos que são calibrados para operar na visão fotópica, o que resultaria em mais correções nos resultados das medições para fazer a medição fotométrica.

Conclui-se então, que pela imensa dificuldade em usar modelos mesópicos, é mais viável buscar outras soluções a fim de contornar essas dificuldades, usando modelos mais simples. Todavia, até mesmo modelos mais simplificados exigem a determinação do fator S/P, definido como a razão entre o fluxo luminoso de uma fonte de luz escotópica, e o fluxo luminoso de eficácia espectral fotópica (Casagrande, 2016).

Essa relação, é extremamente necessária para todos os sistemas que fazem a conversão de luminância, e precisam corrigir as grandezas fotométricas, tanto para o sistema mesópico ou se aproximar da região escotópica, sendo portanto, ítem fundamental para que as adaptações sejam concebidas.

Porém, os equipamentos de medição fotométricos são muitos sofisticados e onerosos, de difícil acesso, disponíveis geralmente em laboratórios de pesquisa avançada, como a esfera integradora ou goniofotômetro (Poikonen et al, 2010), o que torna mais difícil a obtenção do fator S/P, que pode variar bastante de acordo com o tipo de lâmpada, do fabricante, da potência e temperatura de cor.



No entanto, (Casagrande, 2016), propôs uma equação que fornece a relação S/P, utilizando parâmetros disponibilizados pelos fabricantes de lâmpadas disponíveis em catálogos ou em suas embalagens, como a temperatura de cor correlatada (TCC) e do índice de reprodução de cor (IRC), eliminando então a necessidade de se recorrer a equipamentos especiais, além de ser aplicável a qualquer tipo de lâmpada.

A expressão é uma alternativa bastante interessante para obtenção da razão S/P, de forma simples e sem recorrer aos onerosos equipamentos fotométricos especializados:

$$S/P = -1,886 \times 10^{-8}(TCC)^2 + 4,311 \times 10^{-7}(TCC)(IRC) + 6,430 \times 10^{-5}(IRC)^2 + 3,590 \times 10^{-4}(TCC) + 1,247 \times 10^{-3}(IRC) - 0,114 \quad (1)$$

Onde:

- S/P: razão entre o fluxo luminoso escotópico e fotópico
- TCC: temperatura de cor correlatada (K)
- IRC: índice de reprodução de cor (%)

Um método existente, utilizado para fazer a conversão de unidades fotópicas para diferentes condições mesópicas, está proposto em tabela fornecida pela CIE 191:2010, que faz adaptações a partir de multiplicadores estabelecidos, conforme a tabela 1. São selecionados valores, de acordo com a luminância do ambiente em  $cd/m^2$  e a relação S/P obtida através da expressão acima.

Tabela 1 – Fatores de correção percentuais para luminância efetiva

S/P	LUMINÂNCIA FOTÓPICA ( $cd/m^2$ )									
	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2	3	5
0,25	-75%	-52%	-29%	-18%	-14%	-9%	-6%	-5%	-2%	0%
0,45	-55%	-34%	-21%	-13%	-10%	-6%	-4%	-3%	-2%	0%
0,65	-31%	-20%	-13%	-8%	-6%	-4%	-3%	-2%	-1%	0%
0,85	-12%	-8%	-5%	-3%	-3%	-2%	-1%	-1%	0%	0%
1,05	4%	3%	2%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
1,25	18%	13%	8%	5%	4%	3%	2%	1%	1%	0%
1,45	32%	22%	15%	9%	7%	5%	3%	3%	1%	0%
1,65	45%	32%	21%	13%	10%	7%	5%	4%	2%	0%
1,85	57%	40%	27%	17%	13%	9%	6%	5%	3%	0%
2,05	69%	49%	32%	21%	16%	11%	8%	6%	3%	0%
2,25	80%	57%	38%	24%	19%	12%	9%	7%	4%	0%
2,45	91%	65%	43%	28%	22%	14%	10%	8%	4%	0%
2,65	101%	73%	49%	31%	24%	16%	12%	9%	5%	0%

#### 4. METODOLOGIA

Será apresentado abaixo para o caso em estudo, projetos de iluminação simulados em software livre, um feito para iluminação em vias públicas pelo método convencional, e posteriormente, para efeito de comparação outro projeto que priorizou a fotometria mesópica. Para as simulações, foi utilizado o software de design em iluminação Dialux, juntamente com arquivos e catálogos disponíveis pela PHILIPS LIGHTING.

As simulações dos projetos foram todos baseados pela norma ABNT NBR 5101, de 2012, que é a principal norma brasileira referente aos requisitos do sistema de IP no Brasil. Ela fixa os requisitos mínimos necessários para a iluminação de vias públicas, os quais são destinados a propiciar segurança aos tráfegos de pedestres e veículos. De acordo com a

classificação do fluxo e do tipo de via, ela pertencerá a uma determinada classificação de iluminação.

Para o estudo em questão, foi utilizado um condomínio fictício, vide figura 2, com uma rua principal de acesso, considerada via local, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas, com velocidade máxima de 30 km/h, com 7 m de largura e 2 pistas de rolamento, vide figura 3. Foram inseridos postes com 10m de altura, distantes 30 m entre eles, e distante 45 cm em relação a via.



Figura 2. Desenho esquemático do condomínio

Para o condomínio fictício simulado, a via principal de entrada foi considerada de tráfego leve, e sendo uma via local, é pertencente a classe de iluminação V5, com iluminância média mínima de 5 lux e fator de uniformidade mínimo de 0,2 e uma luminância média mínima de 0,5 cd/m<sup>2</sup>.



Figura 3. Desenho esquemático do perfil da rua

Inicialmente, os projetos foram adequados segundo a fotometria convencional (Fotópica) e posteriormente, pela fotometria mesópica, para cada tipo de luminária, resultando um total de quatro simulações.

Para a simulação dos projetos, utilizou-se dois tipos de lâmpadas: vapor de sódio em alta pressão (HPS, do inglês high pressure sodium) e LED (light-emitting diode, ou diodo emissor de luz), ambas pertencentes ao catálogo da Philips, SON TPP70W e LED55-3S-740. Foram adotadas luminárias clássicas, a com vapor de sódio de 70 W, TCC 1900K, IRC 25% e fluxo

luminoso de 6.600 lm. A luminária LED de 44W, TCC 4000K, IRC 70 % e fluxo luminoso de 5.500 lm.

## 5. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Nas duas primeiras simulações, usando a fotometria clássica, os resultados foram:

- HPS - Luminância fotópica de  $0,50 \text{ cd/m}^2$ , iluminância média de 6,92 lux e eficácia luminosa aproximada 82,5 lm/W;
- LED - Luminância fotópica de  $0,56 \text{ cd/m}^2$ , iluminância média de 7,50 lux e eficácia luminosa aproximada 125 lm/W;

Todas duas luminárias atingiram o critério estabelecido pela norma, que estabelece níveis mínimos de luminância a  $0,50 \text{ cd/m}^2$  e iluminância de 5 lux. Para a adaptação na fotometria utilizando o sistema mesópico, foi calculado o fator S/P utilizando os parâmetros disponibilizados pelos fabricantes das lâmpadas. O resultados foram 0,592 para as lâmpadas de vapor de sódio e 1,543 para as luminárias LED.

Para então usar a tabela de conversão proposta pela CIE, utilizamos os seguintes dados:

- LUMINÁRIA HPS – Fator S/P 0,592 e luminância Fotópica de  $0,50 \text{ cd/m}^2$
- LUMINÁRIA LED – Fator S/P 1,543 e luminância Fotópica de  $0,56 \text{ cd/m}^2$

Como os valores da luminância estão bem perto de  $0,5 \text{ cd/m}^2$ , foi adotado esse valor na utilização da tabela. No entanto, o fator o S/P calculado para ambas luminárias (0,592 e 1,543), não estão disponíveis diretamente na tabela, portanto, os multiplicadores de correção foram obtidos por meio de interpolação dos valores disponíveis na tabela. Vide figura 4:

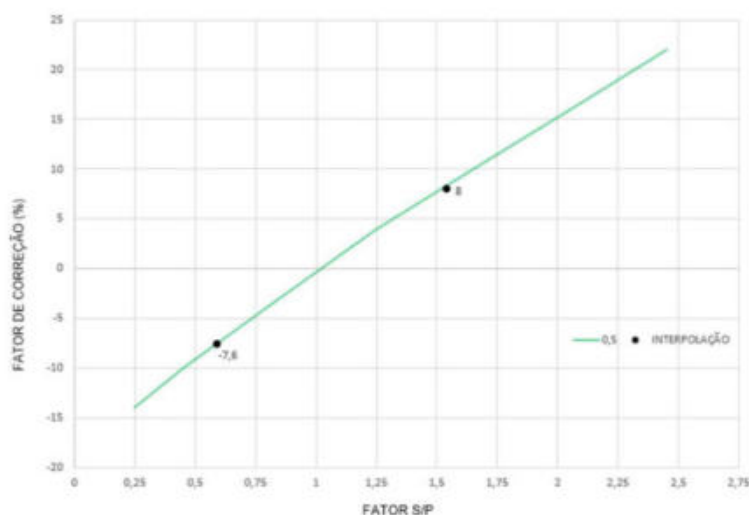


Figura 4. Interpolação de valores S/P

Logo, baseado nos dados da tabela da CIE, a obtenção dos valores interpolados dos multiplicadores de correção foram -7,6% para as luminárias de Sódio e 8,0 % para a de LED, que serão utilizados para a terceira e a quarta simulação, na condição de fotometria mesópica.

A segunda simulação foi realizada de forma semelhante ao projeto anterior (fotometria clássica). Com os valores do fator de correção, obteve-se os novos valores dos fluxos luminosos. Na luminária de vapor de sódio, o fluxo luminoso passou de 6.600 para 6.098 lm, e quando simulado novamente no software, a iluminância média passou de 6,92 para 6,39 lux, um percentual de 7,6% a menos. Ao mesmo tempo, na luminária LED, o fator de

correção do fluxo luminoso passou de 5.500 para 5.940 lm, e a iluminância média era de 7,5 lux e depois 8,1 lux, um percentual de 8% a mais.

Assim, ao se comparar o fluxo luminoso efetivo, e o corrigido para condições mesópicas, é possível perceber que quando a tecnologia empregada são as luminárias de vapor de sódio, há uma redução dos níveis de iluminância. Por sua vez, ao se aplicar a correção mesópica no projeto com luminárias LED, visualiza-se um aumento dos níveis de iluminância na via pública. Vide a tabela 2 comparativa:

Tabela 2 – Fatores de correção percentuais para luminância efetiva

Lâmpada	Fotometria	Fluxo Luminoso (lm)	Iluminância Média (lux)	Eficácia Luminosa (lm/W)	Luminância Fotópica Média (cd/m <sup>2</sup> )	Fator de Correção
HPS (70 W)	Fotópica (convencional)	6.600	6,92	82,5	0,50	-7,6%
	Mesópica (efetiva)	6.098	6,39	87	-	
LED (44 W)	Fotópica (convencional)	5.500	7,5	125	0,56	8,0%
	Mesópica (efetiva)	5.940	8,1	135,4	-	

Ao se fazer uma avaliação geral do desempenho de ambas as tecnologias usadas, é importante observar que além do ganho de 8,0% que as luminárias LED apresentaram considerando a visão mesópica, a potência da lâmpada é de apenas 44 W, uma redução de 37% quando se comparado a lâmpada de vapor de sódio de 70 W. O estudo mostrou, portanto, que na visão mesópica, o olho humano está enxergando na realidade 8,0% a mais do que necessitaria com as luminárias LED, e 7,6 % a menos nas lâmpadas de vapor de sódio. Na prática, pode-se dizer que as luminárias LED pode ser dimerizada em 8% a menos, de forma a manter o mesmo fluxo luminoso que era efetivamente percebido nas luminárias de vapor de sódio, ou ainda optar por outra luminária LED com menos potência ainda. Essa dimerização proporcionaria uma economia adicional de energia elétrica.

## 6. CONCLUSÃO

Foi apresentado neste trabalho simulações com software livre de projetos luminotécnicos em iluminação pública. As luminárias utilizadas foram as de vapor de sódio e de LED, ambas baseados na norma de iluminação pública NBR 5101. Foi demonstrado através dos resultados obtidos, como é importante se considerar a visão mesópica em projetos de iluminação pública e avaliar se a troca de uma tecnologia de iluminação por outra é vantajosa. Assim foram feitas comparações entre as características fotométricas de cada sistema, onde se constatou que as luminárias LED de menor potência podem substituir de forma eficiente as luminárias de vapor de sódio de maior potência. Embora a lâmpada de vapor de sódio de 70W tenha um fluxo luminoso maior que a luminária LED de 44W, ao se corrigir pra visão mesópica, essa diferença praticamente se equiparou, além e principalmente ao se considerar que a iluminância média no projeto utilizando a luminária LED é bem superior e apresentou maior eficácia luminosa.

Desse modo, uma forma de melhorar a eficiência energética do sistema elétrico no país, pode ser fazendo uso da correção das grandezas fotométricas, que além de permitir uma melhor eficiência na iluminação, também pode refletir na economia. Quando se opta por uma tecnologia mais satisfatória para a iluminação pública, isso reflete diretamente em um custo menor na conta de energia elétrica. Isso acontece porque consegue-se reduzir o fluxo

luminoso da lâmpada mantendo a mesma iluminância da condição fotópica clássica, usada na condição mesópica. Assim, uma opção seria a substituição por lâmpadas de potência menor, mas desde que possuam o fluxo luminoso efetivo (mesópico) equivalente, ou pode-se reduzir a potência da luminária por dimerização (diminuição do fluxo luminoso da lâmpada para a iluminância adequada).

É perceptível que ações de conservação de energia podem ser implantadas, através das variáveis tecnológicas existentes. A substituição por luminárias LED por exemplo, pode ser inserida no planejamento energético nacional em diferentes níveis, através de políticas públicas. Como demonstrado nos resultados, onde se tem regiões de baixa luminosidade, há ganhos reais da inserção do sistema mesópico em projetos de iluminação pública.

Por fim, é importante observar que existe uma tendência mundial na produção de energia elétrica, que vem cada vez mais necessitando atender uma crescente demanda de consumo dos usuários. No Brasil, só a iluminação pública é responsável por aproximadamente 8,2% do consumo total de energia elétrica produzida (EPE, 2018). Assim sendo, é relevante contribuir para uma melhor eficiência energética através de ações de incentivo, que viabilizem a diminuição e mudança nos hábitos de consumo, e também o uso de tecnologias que consomem energia de forma mais racional.

Como conclusão final, a parcela que a iluminação pública ocupa no consumo total de energia elétrica nos países, é uma parte bastante relevante, o que a torna de suma importância, não só para a economia dos gastos públicos, mas também para a redução do consumo de recursos ambientais em nível mundial. Portanto, uma adequação a essa nova tecnologia é um desafio que países dispostos a mudança podem enfrentar na busca de um ambiente construído mais sustentável.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, N. (2012). 5101. *Iluminação pública—Procedimento*.
- Casagrande, C. G. (2016). *Desafios da iluminação pública no Brasil e nova técnica de projetos luminotécnicos fundamentada na fotometria mesópica*.
- CIE 191-2010. *Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance*, (2010).
- ELETROBRAS/PROCEL, *Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel*, 2018. Disponível em: <  
[http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2018/docs/Procel\\_rel\\_2018\\_web.pdf](http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2018/docs/Procel_rel_2018_web.pdf)>
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanco Energético Nacional*. 2017. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)
- Harrold, R., & Mennie, D. (Eds.). (2003). *IESNA Lighting Ready Reference: A Compendium of Materials from the IESNA Lighting Handbook: Lighting Fundamentals, Vision and Color, Light Sources, Illuminance Selection and Design Guide, Calculation Data and Design Guide, Energy Management Considerations, Lighting Economics, Definitions*. Illuminating Engineering Society of North America.
- Helene, O., & Helene, A. F. (2011). *Alguns aspectos da óptica do olho humano*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(3), 3312.
- IEA, *International Energy Agency. Energy and Climate Change – World Energy Outlook Special Report*, 2015. Disponível em:  
<<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf>>
- Laubsch, A., Sabathil, M., Baur, J., Peter, M., & Hahn, B. (2010). *High-power and high-efficiency InGaN-based light emitters*. *IEEE transactions on electron devices*, 57(1), 79-87.



- Maggi, T., Dalla Costa, M. A., Furlanetto, C. A., DOS SANTOS, A. S., & Toss, M. (2012). *Estudo do Fluxo Luminoso Necessário para Luminárias de Iluminação Pública de LEDs*. In XIX Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2012), Campina Grande–Paraíba, Setembro de 2012.
- Nogueira, F. J., Silva, E. S., Braga, M. F., Campos, M. F. C., Casagrande, C. G., Braga, H. A. C. *Retrofit Envolvendo Luminárias LED no Sistema de Iluminação Pública: Estudo de Caso da Universidade Federal de Juiz de Fora*. XII Conferência Latino-Americana de Iluminação LUXAMÉRICA 2014. Juiz de Fora, 2014.
- PHILIPS LIGHTING. In: [www.lighting.philips.com](http://www.lighting.philips.com), access in 12/11/2018
- Poikonen, T., Manninen, P., Kärhä, P., & Ikonen, E. (2010). *Multifunctional integrating sphere setup for luminous flux measurements of light emitting diodes*. *Review of Scientific Instruments*, 81(2), 023102.
- Rodrigues, C. R. B. S. (2012). *Contribuições ao uso de diodos emissores de luz em iluminação pública*.

# INJUSTIÇA SOCIAL: AS ESTRATÉGIAS DE SOBREVIVÊNCIA HÍDRICA UTILIZADAS POR MORADORES DO ASSENTAMENTO PEQUENO WILLIAM EM PLANALTINA-DF

Acácio Machado ([acacioranchodeterra@gmail.com](mailto:acacioranchodeterra@gmail.com)); Liza Andrade ([lizamsa@gmail.com](mailto:lizamsa@gmail.com));  
Camila Maia ([camilamaiadias@gmail.com](mailto:camilamaiadias@gmail.com))

Instituto Federal de Brasília, Planaltina (IFB), Agroecologia - Brazil

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB-FAU) - Brazil

**Palavras chave:** recursos hídricos, escassez hídrica, Assentamento Pequeno William, reforma agrária, soluções baseadas na natureza

*A crise ambiental sistêmica e a falta de uma política pública eficiente para a gestão dos recursos hídricos no Distrito Federal estruturam a crise do abastecimento de água para a população, resultando em racionamentos jamais visto na história dessa região do país. No Assentamento Pequeno William na Região Administrativa de Planaltina, Distrito Federal, Brasil, o principal empecilho para a prosperidade dos cultivos familiares é a falta de recursos hídricos disponíveis. Este trabalho tem como objetivo evidenciar a luta das famílias assentadas pela reforma agrária, que continua após a conquista da terra. Por meio da prática da pesquisa-ação, da cartografia participativa e de entrevistas semi-estruturadas, obteve-se o levantamento dos obstáculos que dificultam a prosperidade da vida e dos cultivos no Assentamento Pequeno William, bem como as soluções de baixo custo adotadas pelos assentados para garantir sua sobrevivência.*

*A pesquisa utilizou o conceito de Soluções Baseadas na Natureza - SBN, da ONU, para organizar as tecnologias levantadas e apontar outras possíveis soluções de baixo custo para a escassez hídrica. Foi possível concluir que colocar em prática experiências vividas ou herdadas de ancestrais, amigos colaboradores ou mesmo encontradas na internet, nos livros e em outros meios diversos, promovem a autonomia da comunidade sobre os meios de controle e dependência, muitas vezes inerentes às políticas públicas aplicadas por todo Brasil, e buscam combater a crise hídrica por meio de visão sistêmica que reúne práticas de reservatório e reúso, restauração de cobertura vegetal e técnicas de agricultura agroecológica.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo o Relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2015: 'Água para um mundo sustentável', 748 milhões de pessoas no mundo ainda não têm acesso a fontes de água potável de qualidade. A população global deverá totalizar 9,1 bilhões de pessoas em 2050, com acréscimo de cerca de 80 milhões por ano. Neste sentido, será necessário produzir cada vez mais alimentos e energia. Considera-se que até 2050, a agricultura - que consome a maior parte da água - precisará produzir mundialmente 60% mais de comida, sendo 100% mais nos países em desenvolvimento. Estima-se que a demanda por bens manufaturados da indústria que impõe maior pressão sobre a água e crescerá até 400% de 2000 a 2050.

Segundo dados da Organização das Nações Unidas - ONU, Agenda 2030 de 2015, que trata dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS, para erradicar a pobreza e promover vida digna para todos, dentro dos limites do planeta, a escassez de água afeta

mais de 40% da população mundial, número que deverá subir ainda mais como resultado da mudança do clima e da gestão inadequada dos recursos naturais.

Embora o Brasil seja reconhecido internacionalmente pela sua riqueza em recursos hídricos, a distribuição deste recurso se assemelha à realidade mundial. Segundo Setti et al. (2001), existe água suficiente para o atendimento de toda a população. No entanto, a distribuição não uniforme dos recursos hídricos e da população sobre o planeta acaba por gerar cenários adversos quanto à disponibilidade hídrica em diferentes regiões.

Segundo o relatório da Agência Nacional de Águas - ANA “Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2017”, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas (duradouras) ou estiagens (passageiras) no território nacional entre 2013 e 2016. O ano de 2016 foi seco e extremamente seco em todo o país, houve uma redução de 13% nas precipitações que levou 2.783 municípios a decretarem situação de emergência ou estado de calamidade pública. Ainda de acordo com este mesmo relatório, nos últimos 16 anos, não houve um planejamento e execução de obras estruturantes.

Portanto, como medidas para tentar diminuir os impactos dessas estimativas futuras, é fundamental que hajam políticas públicas eficientes voltadas para o abastecimento de água, sendo necessária a tomada de uma série de medidas que ora precisam ser viabilizadas pela União, ora pelos estados e ora pelos municípios, de forma que toda tomada de decisão considere a água como um bem de valor econômico, social e ecológico (GRANZIERA, 2014).

Ainda de acordo com este autor, é preciso garantir a sustentabilidade dos reservatórios, restabelecer a cobertura vegetal, cuidar das nascentes e das técnicas de agricultura, para evitar que, após poucas décadas, o reservatório venha a se reduzir a ponto de comprometer o abastecimento de água para a população. Outra questão que implica no acesso ao abastecimento de água é a desigualdade na distribuição, onde os prejuízos dessa desigualdade afetam até mesmo a qualidade de vida, como enfatiza (PONTES 2003, apud CASTRO et al, 2015),

*O tempo gasto na espera por água é o tempo subtraído para a obtenção de outros bens essenciais, pois as pessoas que perdem tempo procurando um balde de água, todos os dias, deixam de fazer outras coisas importantes para o seu desenvolvimento pessoal, isto é, deixam de conseguir outros bens. Nesse sentido, a qualidade de vida é afetada e, portanto, o não acesso à água potável se constitui em um problema de justiça social, quando a qualidade de vida delas é comparada a de outras pessoas que têm acesso à água e podem, portanto, utilizar seu tempo para conseguir outros bens, essenciais ou não (p. 54).*

Neste contexto, o Brasil, em todos os níveis da pirâmide social, deixa a desejar no respeito ao direito, ficando os mais vulneráveis financeiramente, à mercê da vontade de quem possui maiores poderes (financeiros ou políticos) para o domínio das fontes. Isto acontece em grande parte dos assentamentos que estão localizados em áreas que não interessa aos grandes produtores, por serem de baixa aptidão agrícola e pelas dificuldades de se trabalhar nestes locais com alta tecnologia de produção e em grande escala. (MARCATTO, 2006, p. 21). Sobre isso, o MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário, apud Lins (2018, p. 62), afirma que “o sol forte e a falta de água atingem diretamente a rotina dos agricultores e suas produções, o que faz com que, na seca, se torne indiscutível que as questões sobre a água mereçam destaque e atenção”. No entanto, esse “destaque e atenção” são voltados para os produtores de alimentos em grande escala, se haver questionamento dos meios de produção de alimentos dos grande agricultores ou das políticas públicas para de reforma agrária que não obtém sucesso na redistribuição das terras agricultáveis.

O Distrito Federal entrou em estado de alerta de crise hídrica no ano de 2016, os níveis dos principais reservatórios aproximaram de 40% (abaixo do esperado, mesmo para o final do

período de seca). Já no ano de 2017, o Governo de Brasília decretou estado de emergência, em plena estação chuvosa, foi o primeiro racionamento de água no DF, no auge da crise. O poder público atribui esse forte impacto socioambiental ao processo acelerado de ocupação desordenada do solo, nas bacias que abastecem o campo e as cidades.

Casos como este se repete em vários estados brasileiros, segundo (BITOUN, 2004, p. 267 apud CASTRO et al, 2015, p.89), onde, quem tem mais condições financeiras, se protege mais facilmente; quem não as tem procura, ao longo da vida, equipar seu domicílio de canalizações internas de abastecimento d'água, de caixa d'água, de fossas ou cavam valas para evacuar o esgoto.

Na Região Administrativa de Planaltina DF, não difere da maior parte das regiões brasileiras que sofrem com a desigualdade na distribuição de água, exemplo disso é a escassez hídrica dos assentamentos da reforma agrária na zona rural da cidade, dentre eles, está o Assentamento Pequeno William que em toda sua história de luta, vivenciou em 2016 a pior crise de abastecimento de água.

A obra inacabada para captação e distribuição de água aos moradores do assentamento, iniciada pela Companhia de Abastecimento de água e Esgoto de Brasília - CAESB em 2014, perdura até os dias atuais e comprova o descaso por parte do poder público. A adequação do sistema de abastecimento proposto, muito similar às situações urbanas distantes da realidade de fragilidade ambiental em que se insere o assentamento, também deve ser questionada, “a situação se torna ainda mais delicada quando se considera a qualidade dos serviços prestados. Sua precariedade acaba comprometendo importantes aspectos da vida social, como a saúde pública e a qualidade ambiental” (CASTRO 2015, p. 95).

A dificuldade de acesso é agravada por meio do reconhecimento da água como um bem econômico, e não como um bem ambiental de uso comum e de direito público, sendo então “vendida e comprada de acordo com o poder aquisitivo do comprador, comprometendo o acesso a um bem essencial, e ferindo o direito a este serviço como um direito de cidadania” (CASTRO et al, 2015, P. 222).

Diante da crise ambiental, promovida em grande parte por técnicas de agricultura de grande impacto e potencializadade pela incapacidade de gestão dos órgãos competentes e da inadequação das políticas de abastecimento para o meio rural, a produção de alimentos no Assentamento Pequeno William tem sido um grande desafio que põem em xeque a subsistência das famílias assentadas.

## **2. OBJETIVOS**

Esta pesquisa tem como objetivo contextualizar e demonstrar o resultado das análises da situação dos camponeses que residem no Assentamento Pequeno William por meio de cartografia participativa e da realização de entrevistas semi-estruturadas de acordo com os seguintes aspectos: história de luta para suprir a necessidade hídrica dos moradores do assentamento; desafios enfrentados pelos moradores junto ao órgão fornecedor da água; regulamentações e leis que amparam o direito de acesso à água; entraves que impedem o abastecimento no assentamento; e por fim o levantamento de tecnologias e soluções aplicadas pelos assentados frente ao cenário de escassez hídrica.

## **3. ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS**

A abordagem metodológica adotada está estruturada na visão sistêmica da Agenda 2030 e destaca a água como o cerne do desenvolvimento sustentável, que perpassa todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS nas três dimensões, ambiental, econômica e social. O acesso à água e ao saneamento é prioridade para a sobrevivência dignidade humana, desde a segurança alimentar e energética à saúde humana e ambiental.

A ODS-6 trata de “Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos”. Estão diretamente relacionadas com este trabalho as seguintes metas da Agenda 2030: 'eficiência do uso da água nos diversos setores, de retiradas sustentáveis, de abastecimento de água doce diante da escassez e da redução do número de pessoas que sofrem a escassez' e 'apoio e fortalecimento da participação das comunidades locais visando a melhoria da gestão da água e do saneamento'.

Assim, torna-se fundamental desenvolver pesquisas junto às comunidades locais do Distrito Federal que estão passando por problemas de escassez hídrica e possibilidades de soluções desenvolvidas pelos camponeses. Para atingir os objetivos propostos da pesquisa, contou-se com prévia revisão bibliográfica e dados obtidos via aplicação de “entrevista Semi-estruturada,” (VERDEJO, 2007, P. 28), com perguntas norteadoras para o levantamento de dados relativos à demanda de água para produção e consumo doméstico das famílias residentes no Assentamento Pequeno Willian, durante visitas agendadas nas unidades familiares para observação in loco, e por fim sistematização das informações obtidas em cartografia participativa para visualização das estratégias dos moradores em relação à água. Após análise dos dados foram apontadas algumas soluções para promover a sustentabilidade hídrica no Assentamento.

A revisão bibliográfica efetuou um levantamento de dados pluviométricos da região de Planaltina/DF, com dados do INMET e fontes relacionadas, e consultou o relatório anual para desenvolvimento dos recursos hídricos, o “World Water Development Report” 2018, da Onu, para associar o conceito de Soluções baseadas na Natureza –SbN, com os dados levantados.

As SbN procuram resgatar usos e costumes, tecnologias ancestrais e atuais que visam melhorar o uso dos recursos hídricos com práticas aplicáveis nas comunidades urbanas ou rurais, em uso em todos os países. São soluções inspiradas ou que simulam processos naturais com objetivo de aumentar a segurança hídrica e aperfeiçoar a gestão das águas, principalmente por meio do gerenciamento das suas precipitações, controle de umidade e armazenamento de água. A valorização de soluções locais e de baixo custo inspiradas em padrões da natureza contribui para a construção de um pluralismo tecnológico, uma vez tecnológica que busca atender as demandas sociais a partir de sua própria realidade.

O assentamento Pequeno Willian foi criado com intenção de ser uma comunidade de produção agroecológica. De acordo com Altieri (2012), “a Agroecologia emerge como uma disciplina que disponibiliza os princípios ecológicos básicos sobre como estudar e manejar agroecossistemas que sejam produtivos e ao mesmo tempo conservem os recursos naturais, assim como sejam culturalmente adaptados e social e economicamente viáveis.” Neste contexto, as técnicas utilizadas na produção com princípios agroecológicos, são também poupadores e conservadores de água, além do plantio de espécies tolerantes ao estresse hídrico, aproveitamento de produtos sazonais, integração da produção e utilização de adubos orgânicos (que mantém por mais tempo a umidade no solo) em substituição aos adubos sintéticos (que degradam mais rapidamente o solo), plantio de espécies com mais de uma função no sistema, como adubação verde e cobertura morta (que aduba e retém a evaporação da água do solo) prevenir o sistema contra incêndios utilizando a prática do aceiro e plantas corta-fogo como Agave e palmas em forma de barreira.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Cenário da escassez hídrica – Planaltina/DF**

Segundo Malaquias (2010), “existem dois momentos heterogêneos que dividem o regime pluviométrico de Planaltina que são eles: outubro e abril com chuvas mais frequentes e de maio a setembro com chuvas mais escassas chegando à total estiagem”. Enquanto que



para Alves (2015), “não há um padrão pluviométrico ao longo dos anos, muito menos um padrão espacial de distribuição das chuvas. No entanto, esses mesmos dados permitem que se rejeite a teoria de que há uma tendência de redução de chuva no DF”.

O assentamento Pequeno William é dividido em 22 parcelas de 5,5 hectares onde vivem cerca de 1 a 10 moradores. A área de 143 hectares está localizada as margens da DF-128, Km24.



Figura 1. Vista aérea do Assentamento Pequeno William em Planaltina-DF

Em 2010 houve a ocupação legal dessas terras que anteriormente faziam parte do Instituto Federal de Brasília (IFB) e, desde então, a luta pela água para tornar a terra produtiva e até mesmo para o consumo doméstico diário tem se tornado constante.

O assentamento dispõe atualmente de uma obra não concluída pela Companhia de Água e Esgoto de Brasília (CAESB) de financiamento do INCRA, que consiste na escavação de um poço de 170 metros de profundidade, onde a captação de água subterrânea é feita através de uma bomba e distribuída por tubulações para as residências. No entanto, a obra que se iniciou em 2014 segue embargada, pois de acordo com a CAESB.

#### **4.2. Soluções baseadas na natureza (SbN) e práticas sustentáveis de combate à escassez hídrica no Assentamento Pequeno William**

Para o desenvolvimento desta pesquisa, primeiramente ocorreu a elaboração de perguntas para composição do questionário. Em seguida foram realizadas as Entrevistas Semi-estruturadas considerando a disponibilidade de cada morador e respeitando a abstenção de alguns. Nesse contexto, é importante ressaltar que todas as perguntas respondidas pelos moradores por meio das entrevistas serviram de base para obtenção de dados revelados neste artigo.

Anterior à elaboração e aplicação das perguntas foram realizadas visitas prévias em cada parcela para conhecimento da área de cisternas, poços artesanais, locais de armazenamento de água e realização de registro em fotografias.

De acordo com os dados obtidos através das visitas aos 17 moradores, de um total de 22 parcelas do Assentamento Pequeno William, a maioria dos moradores utilizam água captada de poços artesanais, escavados manualmente, alguns com mais de 14 metros de profundidade, uma técnica de alto risco para o escavador pela iminência de desabamento.

No total, 1 morador usa água de poço artesiano; 3 dependem de caminhão pipa por não possuírem poço ou cisterna; 13 moradores possuem poço escavado manualmente; 2

possuem poço semi-artesiano e 6 captam e usam água da chuva através do telhado. Percebemos nessa situação um cenário de distribuição desigual dos recursos hídricos, originada fortemente pela organização socioespacial concebida, que aloca famílias em áreas de maior ou menor presença de água, sem que houvesse priorização da sustentabilidade hídrica da coletividade.

Tabela 1. Dados mais relevantes da pesquisa de campo.

Nº parcela (lote)	Consumo diário para produção em L/dia	Fonte de água	Essa fonte é suficiente para sua demanda?	Como você está resolvendo o problema da falta de água?
01	5000	Poço escavado manualmente*.	Não	Armazenando em caixas d'água.
02	2000	Poço escavado manualmente* e semi-artesiano	Sim	Tanque e lona e caixas d'água
03	1000	Poço escavado manualmente* e mina*.	Não	Reservatório de lona
06	1000	Poço escavado manualmente* e mina*.	Não	Reservatório de cimento
09	3000	Mina e poço artesiano	Não	Reservatório e gotejadores
11	500	Poço escavado manualmente* e água de chuva.	Não	Armazenamento em tambores
12	2000	Poço escavado manualmente* e semi-artesiano	Sim	Reservatório de cimento e caixas d'água
13	2000	Poço escavado manualmente* e água de chuva.	Não	Caixas d'água e tambores
14	2000	Poço escavado manualmente* e água de chuva	Não	Tanque de lona
15	4000	Poço escavado manualmente* e água de chuva.	Não	Caixas d'água
16	1000	Poço escavado manualmente* e água de chuva.	Não	Armazenamento em tanques de ferrocimento, caixas d'águas, tambores, galões e garrafas. Utilização de gotejadores, seleção de cultivos resistentes à seca, cobertura morta nos canteiros, cultivos no sistema Agroflorestal, canteiros de hortaliças forrados com lona.
17	100	Caminhão pipa	Não	Caixas d'água
18	3000	Poço escavado manualmente* e água de chuva.	Não	Caixas d'água
19	50	Caminhão pipa	Não	Caixas d'águas
20	60	Caminhão pipa	Não	Tambores e caixas d'água
21	500	Poço escavado manualmente*	Não	Caixas d'água
22	1500	Poço escavado manualmente*	Sim	Tanque de lona e caixas d'água

O consumo hídrico doméstico diário dos moradores varia de 30 litros a 1000 litros por parcela (não incluídos na tabela), enquanto que o consumo hídrico para agricultura de subsistência varia de 50 a 5.000 litros por parcela. Considerando os períodos de estiagem e chuvas, esses valores podem sofrer alterações. A maioria dos moradores considera que, apesar de terem poços, cisternas e captação de água da chuva, a água disponível não é suficiente para irrigação e para o consumo doméstico. À medida que a escassez diminui as

perspectivas de acesso à água (tabela 1), a produção de alimentos diminui. O sistema de armazenamento de água usado pelos moradores é bastante precário e com capacidade de armazenamento insuficiente como mostra a figura 2, considerando os múltiplos usos diários a que essa água se destina. Nesse contexto, a captação de água da chuva é a melhor alternativa, principalmente para uso na irrigação.



Figura 2. (à esquerda) Reservatório parcela 03, capacidade para 500 litros.

Figura 3. (à direita) Reservatório parcela 17 (tanque escavado, forrado com lona).

Fonte: Acervo do autor, 2018.

Frente às condições impostas pela falta de políticas públicas, estes agricultores, já descapitalizados pela longa espera pela terra, e pela necessidade de sobrevivência no campo, necessidade de produzir seus próprios alimentos e preservar suas raízes, fez com que muitos destes agricultores utilizassem estratégias diversas, adaptando às condições do local, utilizando formas de produzir adequadas ao ambiente semi-árido que “apresentam solos rasos, com baixas fertilidade, infiltração, capacidade de retenção de umidade e matéria orgânica,” (PORTO; SILVA; ANJOS; BRITO, 1999).

Para isso utilizam canteiros forrados com lona preta, para impedir a infiltração no solo, da água aplicada nos canteiros de hortaliças. Com a inclusão da adubação verde no sistema produtivo das hortaliças, além da redução no aporte de fertilizantes para as mesmas, pode-se obter aumento da eficiência do uso da água pela cobertura morta proporcionada, (TIVELLE et al, 2013 citado por NESPOLI et al, 2017). A adubação é realizada através da adição de matéria orgânica, proveniente do próprio local ou trazidas de fora tais como esterco de gado, frango ou material de podas de árvores e gramas, para manter por mais tempo a umidade do solo e com aplicação de cobertura morta para diminuir a evaporação e evitar a incidência direta dos raios solares sobre o solo e o a proliferação de plantas espontâneas.

Na maioria dos casos, utilizam-se de irrigação localizada (gotejadores) ou “irrigação por gotejamento superficial” de acordo com (NOGUEIRA et al, 1997), para evitar o desperdício de água. Alguns destes camponeses selecionam espécies mais resistentes ao período seco como forma de garantir a colheita, tendo os mesmos que adaptar o paladar da família às novas espécies, criando assim novas receitas culinárias. Na medida de suas condições, coletam e armazenam águas pluviais, utilizando-as para irrigação, criação de peixes que servem para melhorar a alimentação da família e controlar o mosquito da dengue e ainda fornece água fertilizada para as pequenas lavouras. Segundo May (2004), o manejo e o aproveitamento de água da chuva para uso doméstico, industrial e agrícola, estão ganhando ênfase em várias partes do mundo, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o grave problema ambiental da crescente escassez de água para consumo.

A construção de círculos de bananeiras para aproveitamento das águas cinza já é prática comum nesta comunidade, despertando a consciência dos seus membros para o reaproveitamento da água, resolvendo um problema de saneamento anteriormente existente, que era o esgoto a céu aberto. Diversos trabalhos científicos vem sendo realizados com tratamento de efluentes descentralizados com os círculos de bananeira (SABEI & BASSETTI, 2013).

A produção no Sistema Agroflorestal, conservando o cerrado em pé, praticado pela maioria dos camponeses do Pequeno William, com o intuito de aproveitamento dos frutos nativos deste bioma, tem contribuído para uma melhor infiltração das águas pluviais, para o abastecimento do lençol freático e tem contribuído para a formação de uma maior consciência ecológica da população local e de seus arredores. Segundo Vanzin & Kato (2017), o uso da água deve estar em consonância com a sustentabilidade adotando práticas como: sistemas agroflorestais, educação ambiental e produção de alimentos agroecológicos nas unidades produtivas.

## **5. DISCUSSÕES, VULNERABILIDADE E CAMINHOS PARA A SUSTENTABILIDADE HÍDRICA**

Conforme foi observado nesta pesquisa, corroborando com a visão de Pontes & Schramm (2004), fica a questão: será, então que o Estado está cumprindo o papel de proteção dos recursos hídricos se a gestão dos serviços de abastecimento de água está se tornando cada vez mais privada?

São duas situações na visão dos autores: a primeira, o Estado exerce o papel de proteção ao direito à água e ao saneamento, garantindo o acesso universal à água potável. O governo é diretamente responsável pela prestação dos serviços de abastecimento de água e preserva a gestão pública dos organismos executores tornando as relações de caráter público. Assim, o usuário da água tem sua condição de cidadania preservada frente às instituições públicas responsáveis pelo serviço. A segunda, o Estado repassa a responsabilidade a empresas privadas, assim os serviços de abastecimento de água passam a ter uma gestão privada. Neste caso a água passa a ser uma mercadoria, os direitos de cidadania são transformados em direito de usuários à de qualidade dos serviços como consumidores.

Quando esse bem, que é finito e de direito público, passa a ser tratado como mercadoria, o direito do cidadão passa a ser desvalorizado e por vezes dificultado, deixando de assegurar a disponibilidades de água potável para todos, sem exceção para favorecer aqueles que podem pagar mais.

Esta questão coloca em cheque o Marco Legal do Saneamento com a Medida Provisória 844 que está para ser votada na Câmara dos Deputados e foi suspensa agora no final de 2018. A medida MP 844 altera as diretrizes do saneamento básico no Brasil, vai na contramão da universalização do saneamento, abre caminho para a privatização e propõe a transferência da responsabilidade de regulação do saneamento básico para a Agência Nacional de Águas (ANA), serviço que até então era atribuído ao Ministério das Cidades. Apresenta-se assim um conflito com a Constituição Federal, que prevê que a responsabilidade pelo saneamento é dos municípios, e não da União.

O Fórum Mundial Alternativo da Água - FAMA, as entidades ambientalistas e sanitaristas, trabalhadores do setor de serviços urbanos, sindicatos e associações municipais alertam para a grande tragédia que será a privatização do saneamento no Brasil, visto que grande parte dos países que tiveram a gestão privada do saneamento estão reestatizando justamente porque não foram bem sucedidas quanto ao fornecimento e à qualidade.

### **5.1. Soluções propostas para uma produção mínima nas parcelas em épocas de crise hídrica com base nas SbN.**

O sistema de captação de água da chuva, proposto pelo camponês Acácio Machado, consiste na captação de água pelo telhado da moradia e de outras instalações de cobertura e em seguida distribuída para reservatórios onde posteriormente ocorrerá a distribuição da água para o sistema de irrigação. A figura 4 mostra a captação de água nos telhados da



residência, da pocilga e do galinheiro, sendo a água do telhado da casa encaminhada para reservatórios em caixas d'água e posteriormente é distribuída para a área de produção de alimentos, enquanto que a dos telhados da pocilga e galinheiro serão encaminhadas para depósitos e servirão para o consumo animal, higienização das baias e para o sistema de aquaponia, que consiste na criação de peixe consorciado com o cultivo de hortaliças em sistema recirculatório. A importância de sistemas de captação e distribuição como este, está em usar de forma eficiente toda água captada, de modo a evitar o mínimo de desperdício e suprir ao máximo a demanda pelo recurso hídrico. Assim como disse Trigueiro (2012) que, 'este cenário de escassez também inspira boas ideias, que se expandem pelo mundo, transformando problemas em solução'.

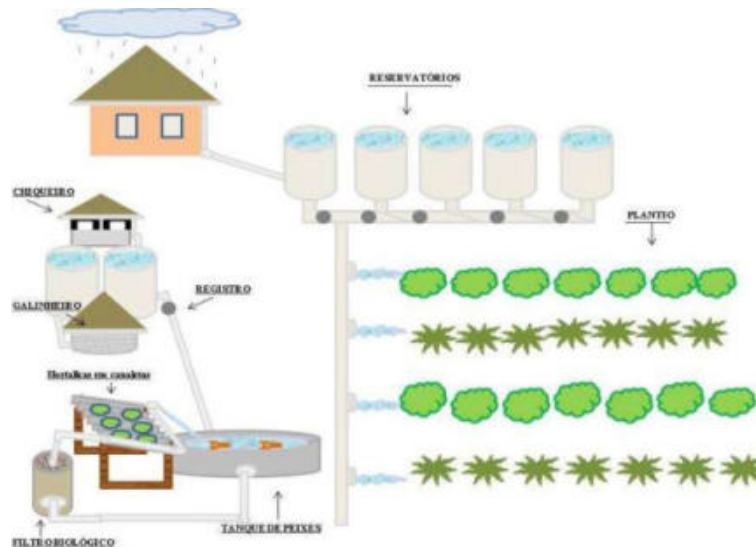


Figura 4. Desenho esquemático de sistema de captação de água da chuva.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Distrito Federal possui grande potencial para a produção de alimentos saudáveis e em quantidade suficiente para suprir a demanda da sua população, porém o descaso das autoridades envolvidas na questão hídrica e outras estruturas de produção fazem com que muitos assentamentos da reforma agrária se apresentem improdutivos vindos a serem alvos de falácias que denigrem a imagem destes trabalhadores excluídos e marginalizados, vítimas de um sistema excludente e perverso. Sendo assim, recorrer às tecnologias alternativas como a captação e armazenamento de água da chuva, se tornam a única alternativa ao alcance desta população.

A principal contribuição desta pesquisa para a comunidade foi no sentido de gerar discussão em torno do problema da escassez hídrica, das formas de soluções encontradas e do uso racional da água. Um outro aspecto da contribuição foi mostrar as formas de cooperação possíveis entre os moradores no processo de construção da autonomia e a troca de saberes tradicionais. Apesar de o trabalho ter atingido os objetivos propostos, recomenda-se a continuação destes estudos, buscando aprimorar o uso das técnicas de captação e armazenamento de águas pluviais assim como a sua utilização em sistemas de irrigação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADASA, 2016 *Relatório Semestral*. Disponível em: <[http://www.adasa.df.gov.br/images/boletim\\_srh/relatorio-semestral/](http://www.adasa.df.gov.br/images/boletim_srh/relatorio-semestral/)>. Acesso em 27 de abr. de 2018.



- AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Atlas de Irrigação: uso da água na agricultura irrigada. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicações/AtlasIrrigacao-Uso daAguanaAgriculturairrigada.pdf>> . Acesso em: 13 de jun. de 2018.
- BRASIL/SRHU/MMA. Água: Manual de Uso – Vamos cuidar de nossas águas implementando o Plano Nacional de Recursos Hídricos. 2008, p.11 e 21.
- BRASIL. ANA. RELATÓRIO CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS 2017. Disponível em <<http://conjuntura.ana.gov.br/>> Acesso em julho de 2018.
- CARVALHO, Igor S. H. Assentamento Americana e Grupo Extrativista do Cerrado: Uma experiência agroecológica no Norte de Minas Gerais. Brasília/DF – Grão Mongol/MG. Instituto Sociedade População e Natureza (ISPN)/Grupo Agroextrativista do Cerrado. Brasil, 2012. 130 pgs.
- CASTRO, J. E. et al. O direito à água como política pública na América Latina: uma exploração teórica e empírica – Brasília. Ipea, 2015. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=25137](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=25137) Acesso em 23 de agosto de 2018.
- DIREITOS HUMANOS NO BRASIL, 2001. Relatório da rede Social de Justiça e Direitos Humanos em parceria com a Global Exchange. Org. Maria Luiza Mendonça e EvaniseSydow. Frei Betto: Globalização e Direitos Humanos, Pag. 231-240. São Paulo-SP, 2001.
- FAMA 2018. Relatório 2018. Disponível em<<http://fama2018.org/2018/03/22/declaracao-final-do-fama-reafirma-agua-nao-e-mercadoria-agua-e-do-povo/>>. Acesso em: 26 de abr. de 2018.
- Granziera, M. L. M. Entrevista Carta Forence sobre o Direito das Águas, 2014. Disponível em: <http://www.cartaforense.com.br/conteudo/entrevistas/direito-de-aguas/14507> >. Acessado em: 27 de julho de 2018.
- Klink, C. A, Machado, R.B, 2005. A conservação do Cerrado brasileiro. Revista Megadiversidade, vol. 1. Disponível em <<http://www.biodiversitas.org.br/>>. Acesso em 27 de abr. de 2018.
- LINS, C. Águas no Brasil: Perspectivas e Desafios Municipais. Brasília. Conferência Nacional dos Municípios, 2018. Versão impressa.
- MALAQUIAS, J. V.; SILVA, F. A. M.; EVANGELISTA, B. A. Precipitação Pluviométrica em Planaltina, DF: análise de dados da estação principal da Embrapa Cerrados, 1974 a 2013. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 2010. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75891/1/bolpd-299.pdf>>. Acesso em: 13 de maio de 2018.
- MAY, S. Estudo da Viabilidade do aproveitamento de Água da chuva para o consumo não potável em edificações, 2004. São Paulo. Disponível em: <<http://observatorio.faculdadeguanambi.edu.br/wp-content/uploads/2015/07/May-2004.pdf>> Acessado em: 21 de julho de 2018.
- NESPOLI. A; SEABRA JUNIOR. S; DALLACORT.R; PURQUERIO. L, FV. Consorcio de alface e milho verde sobre cobertura viva e morta em plantio direto, 2017. Disponível em: <<WWW.scielo.br/qpdf/hb/v35n3/1806-9991-hb-35-03-00453.pdf>> Acessado em 21 de julho de 2018.
- NOGUEIRA, L.C. et al. Gotejamento subsuperficial: uma alternativa para a exploração agrícola dos solos dos tabuleiros costeiros. Documento CPATC/EMBRAPA, Aracaju, n.6, 1997. 21p.
- PONTES, C. a. a; SCHRAMM. F. R. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável, 2003. Disponível em:<[https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102-311X2004000500026&script=sci\\_arttext&lng=es](https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102-311X2004000500026&script=sci_arttext&lng=es)> Acesso em: 20 de julho de 2018.
- PORTO, E. R.SILVA, A. de S.ANJOS, J. B. dosBRITO, L. T. de L.LOPES, P. R. C. Captação e aproveitamento de água de chuva na produção agrícola dos pequenos produtores do Semi-Árido brasileiro: o que tem sido feito e como ampliar sua aplicação no campo, 1999.Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/132908>> Acessado em: 21 de julho de 2018.

- *Relatório da Situação das Águas do Brasil no Contexto das Crises Hídricas*. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>. Acesso em 27 de abr. de 2018.
- SABEL, T. R. et al. *Alternativas eco eficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais in Fórum Ambiental da Alta Paulista, 1013*. Disponível em: <[HTTPS://mac.arq/wp-content/uploads/2016/03/saneamento-coeficiente-em-comunidades-rurais.pdf](https://mac.arq/wp-content/uploads/2016/03/saneamento-coeficiente-em-comunidades-rurais.pdf)> Acessado em: 21 de julho de 2018.
- SETTI, A. A. et al. *Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional de Águas, 2001. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/Introducao\\_Gerenciamento\\_2001.pdf/9e23b541-6d94-4308-ba75-47c2245db2be](http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/Introducao_Gerenciamento_2001.pdf/9e23b541-6d94-4308-ba75-47c2245db2be)>. Acesso em: 25/07/2018.
- TRIGUEIRO, A. *Mundo Sustentável II: Novos rumos para um planeta em crise*. São Paulo: Globo, 2012. Página 153.
- UN-WATER. (ONU-Água) (2018) *Sustainable Development Goal 6 Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation*. Disponível em: [http://www.unwater.org/publication\\_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/](http://www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/). Acesso em agosto de 2018.
- VANZIN, M. M; KATO, O. *A sustentabilidade e a Gestão Hídrica de Sistemas Agroflorestais em Comunidades Rurais Familiares no nordeste do Pará. Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento*, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/agriculturafamiliar/article/view/4675> Acessado em: 21 de julho de 2018.
- VERDEJO, M. E. *Diagnóstico Rural Participativo: guia prático DRP*. Brasília; MDA/ Secretaria de Agricultura Familiar, 2007.
- WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos) /ONU-Agua. 2018. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión Del agua*. París, UNESCO. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf>>. Acesso em Agosto de 2018.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas). 2017. *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas residuales: El recurso desaprovechado*. París, UNESCO. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002476/247647S.pdf>>. Acesso em agosto de 2018.

# ESTUDO DA ENERGIA CONSUMIDA NA ETAPA DE CANTEIRO DE OBRAS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO

Aline Silva Sauer ([alinesisa@hotmail.com](mailto:alinesisa@hotmail.com)); <mailto:João Luiz Calmon>  
([calmonbarcelona@gmail.com](mailto:calmonbarcelona@gmail.com))

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Brazil

**Palavras chave:** Energia, Canteiro de obras, Edifício residencial multifamiliar.

*A avaliação do consumo energético das edificações é uma importante ferramenta para gestão dos impactos ambientais no setor da construção civil, pois a geração e o consumo de energia contribuem para uma grande parcela destes impactos. Dependendo do objetivo da avaliação pode-se analisar a energia consumida durante todo o ciclo de vida da edificação ou por cada etapa deste ciclo. A fase de uso é responsável pela maior parte do consumo energético de um edifício e, por isso, muitas pesquisas sobre esta fase foram desenvolvidas, levando a um campo aberto para pesquisas na fase pré-uso, visando a redução do consumo de energia global. Neste contexto, observa-se a carência de estudos ligados a etapa de canteiro de obras, tendo em vista que a maioria dos trabalhos consideram baixa a contribuição desta fase, negligenciando estes dados. Porém, alguns autores relatam que em nível regional estes dados podem revelar-se significativos. Assim, esta pesquisa buscou levantar o consumo de energia na fase pré-uso, considerando apenas a etapa de canteiro de obras, de três edifícios implantados na Região Metropolitana da Grande Vitória, Espírito Santo - Brasil. Devido a indisponibilidade de dados, este artigo mostra um estudo preliminar que incluiu somente a eletricidade consumida pelos equipamentos e instalações temporárias usadas no local. A coleta de dados foi realizada através de um questionário enviado a empresas construtoras associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil deste estado. Como resultado observou-se que, como em estudos anteriores, a contribuição desta etapa pode ser considerada menos significativa que as outras etapas do ciclo de vida da edificação e que as diferenças regionais, o processo construtivo e o fator transporte são parâmetros importantes para uma avaliação energética da etapa de canteiro de obras.*

## 1. INTRODUÇÃO

Qualquer atividade humana, independentemente de suas características, provoca impactos ao meio ambiente, tornando necessária a busca por produtos ambientalmente menos agressivos. Neste contexto, diversas convenções internacionais passaram a definir metas ambientais, mas foi a Agenda 21, publicada em 1992 no Rio de Janeiro (Brasil), o marco da integração dos aspectos ambientais em políticas de desenvolvimento. Nessa busca diversas ferramentas para analisar e minimizar os impactos ambientais foram desenvolvidas e estudos vem analisando os impactos relacionados principalmente ao consumo de energia, tendo em vista sua grande contribuição nas emissões e mudanças climáticas.

A avaliação dos encargos ambientais associados a um produto, processo ou atividade, identificando e quantificando os usos de energia, material e emissões para o meio ambiente durante cada etapa do ciclo de vida, pode fornecer subsídios para melhoria do produto ou processo avaliado, planejamento estratégico, marketing e elaboração de políticas públicas (SPOSTO; PAULSEN, 2014; CHAU; LEUNG; NG, 2015). Considerando o edifício um produto único (não produzido em série), a análise completa dos impactos gerados ao longo do ciclo de vida é um processo complexo. Logo, alguns autores indicam a aplicação de

processos mais simples como a avaliação separada por recurso consumido, tipo de carga ambiental liberada ou considerando cada uma das fases deste ciclo (Figura 1), possibilitando identificar de forma mais rápida os principais impactos e suas origens (CHAU; LEUNG; NG, 2015; CHASTAS; THEODOSIOU; BIKAS, 2016), além da contribuição de cada processo ou etapa.



Figura 1. Fluxograma - fases do ciclo de vida de uma edificação, principais recursos consumidos e cargas ambientais liberadas, Adaptado de CHAU; LEUNG; NG, 2015.

A partir de uma avaliação energética, os estágios de alta demanda de energia são identificados mais facilmente, levando a melhoria do processo, reduzindo o consumo energético e emissões de gases de efeito de estufa (KARIMPOUR et al., 2014). Paulsen e Sposto (2013) relatam que esta simplificação é eficaz porque é a produção de energia que gera a maior parte das emissões e usa a maioria dos recursos não renováveis. Além disso, no último século a população cresceu rapidamente, junto com um aumento na expectativa de vida e uso de energia per capita, logo a demanda de energia no ambiente construído deve ser direcionada para evitar maior degradação do ambiente natural (RAUF; CRAWFORD, 2015).

O setor da construção civil representa quase 40% do consumo mundial de energia, 30% do uso de matérias-primas e 33% das emissões globais (DEVI; PALANIAPPAN, 2014; CHAU; LEUNG; NG, 2015). No Brasil, cerca de 44% da energia elétrica e 75% dos recursos naturais são consumidos pela indústria da construção civil (SPOSTO; PAULSEN, 2014). Por conta do alto consumo energético na fase de operação de um edifício, o desenvolvimento tecnológico caminha no sentido de aperfeiçoar os equipamentos domésticos, assim como uma maior utilização da bioarquitetura. Com isso, há uma tendência de aumento da representatividade da energia consumida na fase de pré-uso, abrindo um campo para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos e processos construtivos nesta fase (SILVA, 2012).

Entretanto, nota-se a carência de estudos sobre o consumo energético ligado a indústria de processos, ou seja, na etapa de construção do edifício, energia consumida no canteiro de obras. A maioria dos estudos que avaliam o consumo global de energia por edifícios negligenciam os dados de construção no local, alegando que a contribuição desta fase é baixa se comparada as demais (ZENG; CHINI, 2017). Contudo, ressalta-se que grande parte destas pesquisas foram realizadas em locais onde a construção é predominantemente industrializada, e este fato deve ser considerado em estudos para a realidade brasileira.

Assim, o objetivo deste estudo foi levantar o consumo de energia na fase pré-uso, considerando apenas a etapa de canteiro de obras, em edificações residenciais multifamiliares na Região Metropolitana da Grande Vitória – RMGV. No entanto, devido a indisponibilidade de dados fornecidos pelas construtoras, este é um estudo preliminar no qual incluiu-se somente a eletricidade consumida diretamente pelos equipamentos e instalações temporárias no local, sendo que o fator transporte dos trabalhadores até a obra e o consumo de óleo diesel ou gasolina dos equipamentos não foram considerados neste momento da pesquisa. Além disso, através da comparação com outros estudos, avaliou-se se estes dados realmente podem ser negligenciados, considerando a realidade brasileira.

## 2. AVALIAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES

A avaliação do consumo de energia de uma edificação pode ser realizada através da Avaliação do Ciclo de Vida Energético, que é baseada na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida da série de normas ISO 14040 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO, 2006), utilizando apenas a energia como indicador de impacto ambiental, sendo considerada uma versão simplificada desta metodologia. Esta avaliação considera todas as entradas de energia de uma edificação no seu ciclo de vida ou em cada etapa, incluindo as seguintes fases: pré-uso, uso e pós-uso (SPOSTO; PAULSEN, 2014; CHAU; LEUNG; NG, 2015). Estas entradas de energia podem ser representadas matematicamente pela equação 1 (CHAU; LEUNG; NG, 2015):

$$E = E_{\text{Extração}} + E_{\text{Produção}} + E_{\text{Transporte}} + E_{\text{Construção in loco}} + E_{\text{Operação}} + E_{\text{Demolição}} + E_{\text{Reciclagem}} + E_{\text{Disposição final}} \quad (1)$$

Em que, E representa a entrada total de energia do ciclo de vida e  $E_{(x)}$  representam as entradas energéticas de cada fase do ciclo de vida da edificação.

O consumo deste recurso ainda pode ser classificado em três componentes: (i) energia incorporada, soma da energia consumida para a extração de matéria prima, fabricação dos materiais, transporte destes e construção da edificação - energia incorporada inicial - e da energia consumida em reparos e readequações na fase de uso e operação do edifício - energia incorporada recorrente; (ii) energia operacional, consumida no uso da edificação; (iii) energia de demolição, usada na desconstrução da edificação e transporte dos resíduos, incluindo a eventual reciclagem dos materiais (SILVA, 2012; SPOSTO; PAULSEN, 2014; ZINA et al., 2016). A tabela 1 mostra esta divisão.

Tabela 1. Fases do ciclo de vida das edificações e suas respectivas entradas energéticas.

FASE	COMPONENTE	SIGLA	DESCRIÇÃO DA ETAPA/PROCESSO
Pré-uso	Energia Incorporada Inicial	$E_{\text{Extração}}$	Prospecção, fabricação e transporte de insumos
		$E_{\text{Produção}}$	Fabricação dos materiais de construção
		$E_{\text{Transporte}}$	Transporte dos materiais de construção
		$E_{\text{Construção in loco}}$	Energia consumida por equipamentos na obra
			Transporte dos trabalhadores até a obra
		$E_{\text{Desperdício}}$	Desperdício de materiais
Transporte do desperdício			
Uso	Energia operacional	$E_{\text{Operação}}$	Energia consumida para climatizar, equipamentos eletrodomésticos e para cocção de alimentos
	Energia Incorporada Recorrente	$E_{\text{Manutenção}}$	Reposição de materiais em reparos e readequações
Pós-uso	Energia de demolição	$E_{\text{Demolição}}$	Demolição e remoção dos resíduos
		$E_{\text{Reciclagem}}$	Beneficiamento dos resíduos (reciclagem)
		$E_{\text{Disposição final}}$	Transporte do material demolido - aterro sanitário

Fonte: Adaptado de Tavares (2006).

Ao se considerar o ciclo completo (pré-uso, uso e pós uso), esta avaliação é denominada do berço ao túmulo. Contudo, a definição do limite depende dos motivos para realizar o estudo e das possíveis aplicações dos resultados. Logo, de acordo com o objetivo e escopo definidos pode-se considerar apenas parte deste ciclo, reduzindo o limite e os processos a serem incluídos, como mostra a figura 2 (ISO, 2006; SPOSTO; PAULSEN, 2014).



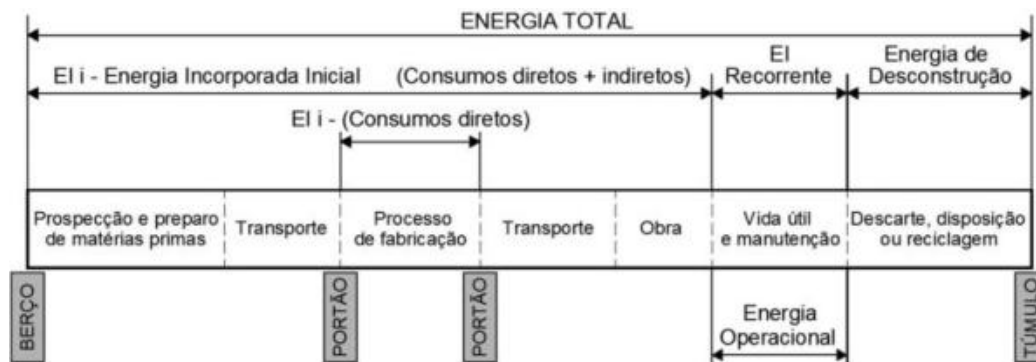


Figura 2. Possíveis limites para uma avaliação energética, Adaptado de TAVARES (2006).

Segundo Silva (2012) e Cabeza et al. (2014), a fase operacional de um edifício é identificada por consumir grande quantidade de energia - de 60 a 98% do consumo total - variando com o tipo de edificação e o tempo de vida útil adotado. Como consequência disso e devido à grande complexidade da avaliação de edifícios, o impacto relativo a energia incorporada é constantemente ignorado nas pesquisas gerando uma baixa disponibilidade de dados desta fase (KOFOWOROLA; GHEEWALA, 2009; BIRGISDOTTIR et al., 2017; GIORDANO et al., 2017). A adoção de materiais de construção alternativos, de um projeto eficiente e de novos métodos de construção, dando ênfase a pré-fabricação de elementos construtivos, são estratégias que ajudariam na redução do consumo de energia incorporada, sendo o uso de materiais de baixa energia incorporada, considerando o potencial de reciclagem, a mais estudada (KARIMPOUR et al., 2014; STEPHAN; STEPHAN, 2016; ZHANG; WANG, 2016).

No entanto, a implementação de políticas de eficiência energética aumentou a demanda por edifícios de baixa energia e, neste caso, a energia incorporada pode contribuir com até metade do consumo de energia total (STEPHAN; CRAWFORD; MYTTENAERE, 2013). Por isso, o foco vem se deslocando para a fase pré-uso, visando o equilíbrio energético e a real redução do consumo de energia ao longo do ciclo de vida da edificação (CABEZA et al., 2014; KARIMPOUR et al., 2014; CHASTAS; THEODOSIOU; BIKAS, 2016; DEVI; PALANIAPPAN, 2017; GIORDANO et al., 2017). Para Kofoworola e Gheewala (2009), Asdrubali, Baldassarri e Fthenakis (2013) e Chastas, Theodosiou e Bikas (2016), o aumento da representatividade da energia incorporada indica a necessidade de acrescentar esta análise a estrutura das atuais regulamentações de eficiência energética. Neste contexto, diretrizes que incluem energia e emissões incorporadas as principais regulamentações vem sendo desenvolvidas através do Anexo 57 da Agência Internacional de Energia (DEVI; PALANIAPPAN, 2017; BIRGISDOTTIR et al, 2017; MALMQVIST et al, 2018).

Embora a energia incorporada constitua apenas de 10 a 20% da energia total consumida por uma edificação, a sua redução não deve ser ignorada (RAMESH; PRAKASH; SHUKLA, 2010; SILVA, 2012; CABEZA et al., 2014). A contribuição desta fase depende da vida útil determinada, tipo de edifício e de energia ou tecnologia empregada, além da localização e clima da região onde o edifício está inserido, pois os padrões de uso e demandas são diferentes e, com isso, a relevância desta contribuição também (DEVI; PALANIAPPAN, 2014; KARIMPOUR et al., 2014, CHAU; LEUNG; NG, 2015; RAUF; CRAWFORD, 2015; DIXIT, 2017; AZARI; ABBASABADI, 2018).

Segundo Anderson, Wulforth e Lang (2015), as pesquisas nesta fase se concentram em estudos sobre materiais alternativos, recicláveis ou reciclados, e materiais estruturais - o concreto é o material mais pesquisado devido sua alta demanda energética - sendo a fase de construção no local a menos pesquisada tendo em vista seu pequeno impacto. Contudo, apesar da construção no local contribuir com uma pequena parcela – menos que 5% da energia incorporada inicial – esta fase provoca impactos cruciais no consumo de materiais e desempenho da edificação (ZHANG; WANG, 2016). Tavares (2006) relata que, variando de

5 a 10% da energia incorporada inicial, a energia consumida na etapa da obra é pouco estudada no Brasil. Logo, embora esse estágio não represente uma alta porcentagem durante o ciclo de vida de um edifício, pequenas mudanças podem fazer uma diferença substancial no impacto (MALMQVIST et al., 2018).

Para Stephan e Stephan (2016), se o consumo energético incorporado e o consumo para transporte - associado à mobilidade dos usuários - forem considerados em conjunto com o consumo para operação dos edifícios, o setor de construção seria considerado o principal consumidor de energia e emissor de gases de efeito estufa. Complementando, Silva (2012) afirma que a energia consumida nas fases de pré-uso e pós-uso não podem mais ser negligenciadas, pois com o aperfeiçoamento das edificações, a energia incorporada passa a ser significativa frente à energia de operação.

A fase pré-uso abrange toda energia consumida até a execução do edifício, incluindo a energia utilizada na fase de produção - energia indireta - e a fase de construção no local - energia direta (DEVI; PALANIAPPAN, 2014; GIORDANO et al., 2017). A energia direta compreende a energia usada no transporte de recursos humanos, materiais, para operar instalações temporárias e para atividades com uso de equipamentos no local, incluindo escavação, concretagem, elevadores de carga, máquinas de corte, guindaste de torre, uso de água, geração de resíduos e eletricidade (DEVI; PALANIAPPAN, 2014). Para Devi e Palaniappan (2017), a indústria da construção nos países em desenvolvimento se direciona à mecanização para reduzir a duração do tempo de obra e, para isso, máquinas pesadas são implantadas para melhorar o desempenho geral da construção, aumentando assim o consumo energético desta etapa.

Alguns trabalhos estimam este consumo a partir de entrevistas e levantamento nos canteiros de obras, outros estimam o consumo dos equipamentos a partir das horas trabalhadas para cada atividade e atribuem fatores de consumo por equipamento utilizado. Pode-se também estimar através da norma NBR 1271, que indica valores do consumo de energia elétrica em equipamentos por metro quadrado de área construída para cálculo do Custo Unitário Básico da construção (TAVARES, 2006; DEVI; PALANIAPPAN, 2014).

Cabeza et al. (2014) destaca que os efeitos da etapa de canteiro de obras, quando analisados em nível regional, podem revelar-se significativos. Aliás, os diferentes métodos de construção podem influenciar o consumo energético e, conseqüentemente, a tomada de decisão quanto a escolha do método (ROH et al., 2017). Entretanto, a maioria dos estudos que avaliam o consumo de energia nas edificações negligenciam os dados de construção no local, alegando que a contribuição desta fase é baixa se comparada as demais (ZENG; CHINI, 2017).

Das pesquisas analisadas neste artigo, apenas Tavares (2006), Kofoworola; Gheewala (2009), Silva (2012), Devi; Palaniappan (2014 e 2017), Su; Zhang (2016), Stephan; Stephan (2016) e Zhang; Wang (2016) consideraram a etapa de construção no local na avaliação energética global do edifício. No entanto, Stephan; Stephan (2016) apenas citam e não deixam claro a parcela da energia consumida relativa a esta etapa da fase pré-uso. Devi; Palaniappan (2017) analisaram o consumo energético relativo à apenas uma parte da fase de construção no local, a etapa de movimentação de terra - incluindo serviços de escavação e transporte de terra - alegando ser esta uma das principais etapas que envolve usos de equipamentos. Paulsen; Sposto (2013), ao avaliar residências unifamiliares de baixa renda no Brasil, não consideraram o uso de energia para a construção no local na avaliação energética, alegando que este tipo de habitação é normalmente artesanal (produzida manualmente) e não foi considerada a energia referente à mão de obra neste estudo. Asdrubali; Baldassarri; Fthenakis (2013) adotaram valores com base na literatura, considerando o consumo pela fase de canteiro de obras igual a 2% da energia incorporada

relativa a produção e transporte dos materiais. A unidade funcional assumida na maioria dos estudos é o metro quadrado (m<sup>2</sup>).

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho possui característica explicativa e foi realizado através de levantamento de dados, ou seja, uma coleta de diversas informações sobre o assunto buscando registrar e avaliar estes dados. Inicialmente, a metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist* (ProKnow-C) encontrada nos trabalhos de Vilela (2012) e Waiczky; Ensslin (2013), foi utilizada para seleção dos artigos que embasaram a revisão de literatura, visando entender o tema e cumprir o objetivo da pesquisa.

Essa seleção de portfólio bibliográfico iniciou-se com uma busca nas bases de dados do Portal Capes (CAPES, 2018) que possuíam maior relação com o tema - *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science* - definidas a partir de um estudo prévio sobre o assunto. Para esta busca foram usadas 9 combinações de palavras geradas a partir de 6 palavras-chave na língua inglesa separadas em dois eixos de pesquisa (Tabela 2), combinadas sempre com a palavra *building*. A busca foi realizada pelas ferramentas das próprias bases de dados, usando como filtros: artigos com as palavras-chave nos títulos, palavras-chave ou resumos; e publicações dos últimos 10 anos - 2009 a 2018. Essa busca gerou um banco de artigos bruto com 6458 artigos na língua inglesa publicados em periódicos qualificados.

**Tabela 2.** Fases e etapas do ciclo de vida energético das edificações.

EIXO I: LCA	EIXO II: Estágio
Life cycle energy	Construction site stage
Embodied energy	On-site construction processes
Life cycle energy analysis	Initial energy consumption

Para validação da busca, foi realizado o teste de aderência das palavras-chave. Para isso, selecionou-se 2 artigos do banco de artigos bruto, os quais o título apresentava relação com o tema da pesquisa, e analisou-se o alinhamento das palavras-chave destes artigos com as definidas para a busca. Como estas apareciam em ambos artigos, verificou-se que as palavras-chave selecionadas realmente eram adequadas a pesquisa, mantendo o resultado encontrado para o banco de artigos bruto.

Ainda na seleção do portfólio bibliográfico, alguns filtros determinados pelo método ProKnow-C foram aplicados, são estes em sequência de execução:

- Quanto a redundância: para eliminar os artigos duplicados foi usada a ferramenta EndNote, o que resultou em 2501 artigos brutos;
- Quanto ao alinhamento pelo título: após a análise dos títulos dos 2501 artigos, foram excluídas as publicações que não tinham relação direta com o tema, resultando em um banco de 149 artigos;
- Quanto ao reconhecimento científico: Através das informações disponibilizadas pelo Google Acadêmico foi determinado do número de vezes que cada artigo foi citado, mantendo no banco apenas artigos com mais de 15 citações, ou seja, 86 artigos;
- Quanto a data de publicação: após o filtro de reconhecimento científico, 63 artigos com baixo número de citações foram separados, entretanto artigos muito recentes ainda não possuem um número de citações representativo, mas podem ser relevantes. Assim, após a análise destes, 25 artigos com até 2 anos de publicação foram reinseridos ao banco devido ao alinhamento do título com o assunto pesquisado;

- Quanto ao alinhamento pelo resumo: a partir da análise dos resumos, foram selecionados 52 artigos, entretanto 5 destes não estavam disponíveis para acesso;
- Quanto ao alinhamento do texto completo: após a leitura completa dos 47 artigos disponíveis, foram selecionados 24 artigos que efetivamente apresentaram uma relação direta com o tema avaliação energética em canteiros de obras.

Portanto, 24 artigos relevantes e de reconhecimento científico foram usados como portfólio bibliográfico para a revisão de literatura que embasou o estudo de caso. É importante ressaltar que destes, apenas 7 artigos consideravam a fase canteiro de obras em seus estudos de casos, 12 eram revisões bibliográficas que relatavam a pequena quantidade de estudos nesta fase e 5 eram estudos de caso que apenas citavam esta fase. Além disso, também foram usados nesta revisão uma dissertação, uma tese e três artigos nacionais que ajudaram a compreender melhor o tema no contexto do Brasil. Desse modo, observa-se que este tema é uma lacuna de pesquisa.

Posteriormente a revisão da literatura, foi realizado o levantamento de dados de obras residenciais multifamiliares executadas na RMGV, como área construída do edifício (em m<sup>2</sup>), consumo energia elétrica advindo da concessionária local (em kWh), consumo de combustível do gerador (se houver), tipos de sistemas usados (estrutura, vedação, entre outros), equipamentos que utilizaram óleo diesel ou gasolina (tipo e tempo de uso), através de um questionário enviado por correspondência virtual, em novembro de 2017, a 46 construtoras atuantes nesta região do Espírito Santo - Brasil. O questionário foi baseado nos itens descritos como relevantes nas pesquisas estudadas durante a revisão da literatura e foi dividido em quatro partes: (i) características gerais da edificação; (ii) tecnologias construtivas usadas; (iii) equipamentos usados por fase; (iv) consumo energético.

As construtoras foram selecionadas a partir da lista de empresas associadas ao Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Espírito Santo - SINDUSCON-ES, disponível no site deste sindicato e, como o foco da pesquisa eram as edificações residenciais multifamiliares, as construtoras que não atuam nesta área foram descartadas. A identidade das empresas construtoras pesquisadas, bem como dos seus empreendimentos, não serão divulgados nessa pesquisa.

#### **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A partir da seleção realizada, foi feito contato, por correspondência virtual e telefone, com diversas construtoras, contudo, foram coletados dados de apenas três obras, tendo em vista que apenas duas construtoras retornaram o questionário parcialmente respondido e uma enviou dados de duas obras. Isto pode indicar que as construtoras atuantes na RMGV não tem conhecimento do impacto da fase de canteiro de obras tanto nos custos globais da construção quanto nos danos ambientais causados e por isso negligenciam estas informações. Ressalta-se que, para Marques, Gomes e Brandli (2017), o monitoramento e a gestão contínua do consumo dos recursos no canteiro de obras é fundamental para melhorar o desempenho ambiental da construção civil. Além disso, como nenhum dos três questionários recebidos estavam completamente respondidos, não foi possível levantar todo o consumo energético desta etapa. Logo, devido a indisponibilidade de dados referentes ao fator transporte dos trabalhadores até a obra e consumo de óleo diesel ou gasolina dos equipamentos, esta pesquisa avaliou somente a eletricidade consumida diretamente pelos equipamentos e instalações temporárias usadas no local.

Dessa forma, os objetos de pesquisa são três edifícios residenciais que usam métodos de construção tradicional, ou seja, estrutura de concreto armado, localizados em Vitória, cidade pertencente a Região Metropolitana da Grande Vitória e capital do estado do Espírito Santo – Brasil. Os parâmetros dos edifícios estão resumidos na tabela 3.

Tabela 3. Características gerais e tecnologias construtivas das edificações estudadas.

	EDIFÍCIO A	EDIFÍCIO B	EDIFÍCIO C
<b>CARACTERÍSTICAS GERAIS</b>			
Tipologia do apartamento	2 quartos	4 quartos	2 quartos
Área total construída	7552,41m <sup>2</sup>	8157,78m <sup>2</sup>	10.400,35m <sup>2</sup>
Duração da obra	26 meses	40 meses	35 meses
Ano de entrega da obra	2015	2015	2013
<b>TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS</b>			
Fundação	Estaca tipo Trilho	Estaca tipo Franki	Estaca tipo Hélice
Estrutura	Concreto armado Moldada <i>in loco</i>	Concreto armado Moldada <i>in loco</i>	Concreto armado Moldada <i>in loco</i>
Vedação vertical externa	Bloco de concreto	Bloco de concreto	Bloco de concreto
Vedação vertical interna	<i>Dry-wall</i>	<i>Dry-wall</i>	<i>Dry-wall</i>
Esquadrias	PVC	Alumínio	Alumínio
Cobertura	Não informado	Telha fibrocimento	Telha fibrocimento

Nota: Os edifícios B e C foram executados pela mesma construtora

A partir do objetivo definido para esta pesquisa, o limite determinado foi a etapa canteiro de obras, incluindo apenas a energia consumida na forma de eletricidade diretamente pelos equipamentos e instalações temporárias usadas no local. Além disso, os parâmetros de análise englobam o consumo de energia primária, em GJ, sendo que o fator de conversão de eletricidade para energia primária, ou seja, o coeficiente de conversão usado é de 1,6, o mesmo adotado por Paulsen e Sposto (2013) em um estudo realizado no Brasil, e a unidade funcional usada é m<sup>2</sup>.

Apesar de questionados, os entrevistados não responderam quais equipamentos foram usados no local durante a construção e nos três casos não houve o uso de gerador, ou seja, a eletricidade usada foi a fornecida pela concessionária local. Estes dados de consumo de energia estão detalhados na tabela 4.

Tabela 4. Consumo energético da etapa construção no local das edificações estudadas.

	EDIFÍCIO A	EDIFÍCIO B	EDIFÍCIO C
Consumo total de energia elétrica (KWh)	96.066	245.910	82.124
Consumo total de energia primária (GJ)	553,34	1416,44	473,03
Consumo de energia primária por área (GJ/m <sup>2</sup> )	0,073	0,174	0,045

Notas: 1KWh de eletricidade é igual a 3,6 MJ; Coeficiente de conversão de eletricidade para energia primária é de 1,6 (PAULSEN; SPOSTO, 2013).

A tabela 5 expõe uma comparação com estudos já publicados que analisaram edificações residenciais multifamiliares. Tavares (2006) estudou um modelo de 4340m<sup>2</sup> de área construída com apartamentos de 3 quartos, estrutura de concreto armado, vedação vertical de bloco cerâmico rebocado, cobertura de telha de fibrocimento e esquadrias de alumínio. O modelo analisado por Silva (2012) possui aproximadamente 1000m<sup>2</sup> de área construída com apartamentos de 2 quartos, estrutura de concreto armado, vedação vertical de bloco cerâmico rebocado, cobertura de telha de fibrocimento. Devi e Palaniappan (2014) avaliou um edifício de 10766,4m<sup>2</sup> de área construída com apartamentos de 3 quartos, estrutura de concreto armado, vedação vertical externa de bloco de concreto e interna de bloco cerâmico, ambas rebocadas, esquadrias de madeira e vidro. Su e Zhang (2016) estudaram 3 edifícios com áreas construídas variando entre 5524 a 9574m<sup>2</sup>, estrutura em aço, vedação vertical de bloco de concreto celular e concreto pré-fabricado e esquadrias de vidro.



Marques, Gomes e Brandli (2017) analisaram o consumo energético no canteiro de obras de 4 edificações residenciais com áreas construídas variando entre 5046,30 a 13704,93m<sup>2</sup>, apartamentos de 1 à 3 quartos e estrutura de concreto armado.

Tabela 5. Comparação entre o consumo energético dos edifícios estudados e pesquisas anteriores.

		Consumo de energia primária por área (GJ/m <sup>2</sup> )
Edifícios estudados	A	0,073
	B	0,174
	C	0,045
Tavares (2006)*		0,004
Silva (2012) **		3,10 a 3,37
Devi; Palaniappan (2014) **		1,31
Su; Zhang (2016) ***		6,3 a 6,7
Marques, Gomes e Brandli (2017) *		0,013 a 0,057

Notas: \* considerando apenas os equipamentos usados no canteiro de obras  
\*\* incluindo transporte do trabalhador até a obra; \*\*\* edifício com estrutura em aço

É importante ressaltar que o escopo varia entre as pesquisas, resultando em valores diferentes. Tavares (2006) já havia mencionado em seus estudos esta variação significativa na definição dos eventos que compõem o consumo energético na etapa da obra e os resultados consequentemente diversos, afirmando que algumas pesquisas incluem os transportes de materiais de construção e equipamentos e outras não consideram o transporte mas incluem os desperdícios de materiais. Para Kofoworola e Gheewala (2009) e Chastas, Theodosiou e Bikas (2016), a falta de clareza na definição do limite e, consequentemente, dos processos a serem incluídos afetam o resultado e a futura comparabilidade dos estudos.

Nota-se que o transporte de trabalhadores até a obra é um parâmetro de alta relevância no consumo energético desta fase e, por isso, deve ser considerado em uma avaliação. É importante ressaltar que este dado não foi estimado nesta pesquisa por falta de informações fornecidas pelas construtoras, dificultando a comparação. Outro parâmetro a ser ponderado é o coeficiente de conversão de eletricidade para energia primária. A energia primária é a forma de energia encontrada na natureza que não sofreu nenhum processo de conversão ou transformação, e pode ser extraída e convertida em energia secundária como eletricidade ou diesel (PAULSEN; SPOSTO, 2013). No Brasil, grande parte da eletricidade é produzida a partir de recursos renováveis e, por isso, este coeficiente é baixo se comparado aos outros estudos: 3,4 (DEVI; PALANIAPPAN, 2014; KARIMPOUR et al., 2014) e 3,8 (STEPHAN; STEPHAN, 2016). Assim, diversos autores destacam a necessidade de considerar a região onde o edifício está implantado, pois as diferenças nos padrões e demandas energéticas podem alterar a relevância desta contribuição.

Além disso, ao comparar os resultados, destaca-se a importância de considerar o processo construtivo em uma avaliação energética, tendo em vista que o edifício com estrutura em aço, processo mais industrializado e mecanizado, apresentou valores superiores aos dos outros estudos, que analisaram edificações com métodos de construção tradicional. Isto indica que, quanto mais industrializado e mecanizado o processo construtivo, maior será o consumo energético na fase de canteiro de obras.

Portanto, observa-se que mesmo com diferenças na forma de construir, e considerando a tecnologia usada na construção brasileira ultrapassada se comparada aos países desenvolvidos, o consumo de energia na fase de construção no local, excluindo o transporte dos trabalhadores, é baixa, corroborando com diversos autores que relatam que esta fase

representa de 1 a 6% da energia total consumida pela edificação, considerando uma vida útil de 50 anos. Mesmo assim, Devi e Palaniappan (2014) afirmam que esta deve ser considerada um componente significativo da energia do ciclo de vida de edifícios.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser um setor que gera grandes impactos ambientais, a construção civil ainda dá seus primeiros passos sobre a análise destes. Como o edifício é um produto único, a análise completa dos impactos gerados ao longo do ciclo de vida é um processo complexo e a aplicação de processos mais simples como a avaliação separada por recurso consumido, tipo de carga ambiental liberada ou considerando cada uma das fases deste ciclo, possibilitam identificar as etapas de maior consumo energético, levando a melhoria do processo. Com o crescimento na demanda por edifícios com menor consumo de energia operacional, a representatividade da energia incorporada aumentou, abrindo campo para estudos na fase pré-uso. Neste contexto, observou-se a carência de estudos ligados a indústria de processos, no caso de edifícios, na etapa de canteiro de obras, tendo em vista que a maioria dos estudos negligenciam estes dados, alegando a baixa contribuição desta fase. Contudo, considerando a realidade brasileira e a forma de construir neste país, os efeitos do consumo energético no canteiro de obras, podem revelar-se significativos não só para esta etapa, pois podem provocar impactos cruciais no consumo de materiais e desempenho da edificação.

Partindo disso, este artigo buscou levantar o consumo de energia na fase pré-uso, etapa de canteiro de obras, de três edifícios residenciais implantados na RMGV, incluindo somente a eletricidade consumida diretamente pelos equipamentos e instalações temporárias usados no local. O transporte dos trabalhadores e consumo de óleo diesel ou gasolina dos equipamentos não foram incluídos devido a falta de informações fornecidas pelas construtoras. Quanto a este fato, é importante ressaltar que apenas duas construtoras retornaram o questionário parcialmente respondido, resultando em uma amostra de três obras, tornando estes resultados preliminares em relação aos almejados para a pesquisa. Isto pode indicar que as construtoras, desconhecem ou negligenciam as informações relativas a etapa de canteiro de obras, desconhecendo a representatividade desta tanto nos custos globais da construção quanto nos danos ambientais.

A partir da comparação com outros estudos, notou-se que o transporte de trabalhadores e o processo construtivo usado exercem grande relevância no consumo energético desta fase e devem ser considerados em uma avaliação energética. Além disso, as diferenças regionais devem ser avaliadas, pois estas modificam o coeficiente de conversão de eletricidade para energia primária. No Brasil, grande parte da eletricidade é produzida a partir de recursos renováveis e, por isso, este coeficiente é menor que os de outros países, o que pode ter levado a uma menor contribuição em relação a outros estudos.

Logo, o consumo de energia encontrado por esta pesquisa na fase de construção no local, excluindo o transporte dos trabalhadores e consumo de óleo diesel ou gasolina dos equipamentos, foi pouco significativo, corroborando com diversos autores que relatam que esta fase representa de 1 a 6% da energia total consumida pela edificação, considerando uma vida útil de 50 anos. Contudo, mais pesquisas precisam ser realizadas, em diferentes regiões do Brasil, com diferentes tecnologias construtivas, em edificações comerciais e institucionais, visando confirmar estes dados para a realidade brasileira.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, J. E.; Wulfhorst, G.; Lang, W. (2015). *Energy analysis of the built environment - A review and outlook. Renewable and Sustainable Energy Reviews 44*, p.149 – 158.

- Asdrubali, F.; Baldassarri, C.; Fthenakis, V. (2013). *Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings*. *Energy and Buildings* 64, p. 73–89.
- Azari, R.; Abbasabadi, N. (2018). *Embodied energy of buildings: A review of data, methods, challenges, and research trends*. *Energy & Buildings* 168, p.225–235.
- Birgisdottir, H.; Moncaster, A.; Wiberg, A.H.; Chae, C.; Yokoyama, K.; Balouktsi, M.; Seo, S.; Oka, T.; Lützkendorf, T.; Malmqvist, T. (2017). *IEA EBC annex 57 'evaluation of embodied energy and CO2eq for building construction'*. *Energy and Buildings* 154, p.72–80.
- Cabeza, L. F.; Rincón, L.; Vilariño, V.; Pérez, G.; Castell, A. (2014). *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 29, p.394–416.
- CAPES. *Portal de Periódicos*. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: setembro de 2018.
- Chastas, P.; Theodosiou, T.; Bikas, D. (2016). *Embodied energy in residential buildings-towards the nearly zero energy building: A literature review*. *Building and Environment* 105, p.267-282.
- Chau, C.K.; Leung, T.M.; Ng, W.Y. (2015). *A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings*. *Applied Energy* 143, p.395-413.
- Devi L., P.; Palaniappan, S. (2017). *A study on energy use for excavation and transport of soil during building construction*. *Journal of Cleaner Production* 164, p. 543-556.
- Devi L., P.; Palaniappan, S. (2014). *A case study on life cycle energy use of residential building in Southern India*. *Energy and Buildings* 80, p. 247-259.
- Dixit, M. K. (2017). *Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 79, p.390–413.
- Dixit, M.K.; Fernández-Solís, J.L.; Lavy, S.; Culp, C.H. (2012). *Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, p. 3730-3743.
- Giordano, R.; Serra, V.; Demaria, E.; Duzel, A. (2017). *Embodied energy versus operational energy in a nearly zero energy building case study*. *Energy Procedia* 111, p. 367–376.
- International Organization for Standardization – ISO (2006). *Environmental Management e Life Cycle Assessment e Principles and Frameworks*, ISO 14.040.
- Karimpour, M.; Belusko, M.; Xing, K.; Bruno, F. (2014). *Minimising the life cycle energy of buildings: Review and analysis*. *Building and Environment* 73, p.106-114.
- Kofoworola, O. F.; Gheewala, S. H. (2009). *Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand*. *Energy and Buildings* 41. p. 1076–1083.
- Malmqvist, T.; Nehasilova, M.; Moncaster, A.; Birgisdottir, H.; Rasmussen, F. N.; Wiberg, A. H.; Potting, J. (2018). *Design and construction strategies for reducing embodied impacts from buildings – Case study analysis*. *Energy & Buildings* 166, p. 35–47.
- Marques, C.T.; Gomes, B.M.F.; Brandli, L.L. (2017). *Consumo de água e energia em canteiros de obra: um estudo de caso do diagnóstico a ações visando a sustentabilidade*. *Ambiente Construído* 17, n. 4, p. 79-90.
- Paulsen, J. S.; Sposto, M. R. (2013). *A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program "MY HOUSE MY LIFE"*. *Energy and Buildings* 57, p. 95-102.
- Ramesh, T.; Prakash, R.; Shukla, K. K. (2010). *Life cycle energy analysis of buildings: An overview*. *Energy and Buildings* 42, p. 1592–1600.
- Rauf, A.; Crawford, R. H. (2015). *Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings*. *Energy* 79, p. 140-148.

- Roh, S.; Tae, S.; Suk, J.; Ford, G. (2017). *Evaluating the embodied environmental impacts of major building tasks and materials of apartment buildings in Korea. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 73, p. 135-144.
- Silva, L. P. (2012). *Análise do ciclo de vida energético de habitações de interesse social. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.*
- Sposto, M. R.; Paulsen, J. S. (2014). *Energia incorporada em habitações de interesse social na fase de pré-uso: o caso do programa minha casa minha vida no Brasil. Oculum Ensaios*, v. 11, p. 39-50.
- Stephan, A.; Crawford, R. H.; Myttenaere, K. de. (2013). *A comprehensive assessment of the life cycle energy demand of passive houses. Applied Energy* 112, p. 23–34.
- Stephan, A.; Stephan, L. (2016). *Life cycle energy and cost analysis of embodied, operational and user-transport energy reduction measures for residential buildings. Applied Energy* 161, p. 445–464.
- Su, X.; Zhang, X. (2016). *A detailed analysis of the embodied energy and carbon emissions of steel-construction residential buildings in China. Energy and Buildings* 119, p. 323-330.
- Tavares, S. F. (2006). *Metodologia de análise do ciclo de vida energética de edificações residências brasileiras. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, Brasil.*
- Vilela, L. O. (2012). *Aplicação do PROKNOW-C para seleção de um portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho da gestão do conhecimento. Revista Gestão Industrial* 8, n. 1, p. 76-92.
- Waiczysk, C.; Ensslin, E. R. (2013). *Avaliação de produção científica de pesquisadores: mapeamento das publicações científicas. Revista Contemporânea de Contabilidade* 10, n. 20, p. 97-112.
- Zeng, R.; Chini, A. (2017). *A review of research on embodied energy of buildings using bibliometric analysis. Energy and Buildings* 155, p. 172-184.
- Zina, C. M.; Durante, L. C.; Callejas, I. J. A.; Rosseti, K. de A. C.; Vilela, J. C.; Medeiros, L. M. (2016). *Estudo sistemático sobre avaliação do ciclo de vida energético em edificações. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2016, São Paulo. Anais ... Porto Alegre: ANTAC, p. 2377-2386.*
- Zhang, Z.; Wang, F. (2016). *Hybrid input-output analysis for life-cycle energy consumption and carbon emissions of China's building sector. Building and Environment* 104, p.188-197.

## 7. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo suporte financeiro para realização dessa pesquisa.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## SIMULACIÓN DE LAS TEMPERATURAS ALCANZADAS POR LA RADIACIÓN SOLAR EN EL PAVIMENTO

Ángel Queizán ([aqueizan@frlp.utn.edu.ar](mailto:aqueizan@frlp.utn.edu.ar)); Virginia Borges ([virborges1@gmail.com](mailto:virborges1@gmail.com));  
Gerardo Botasso ([gerardobot@hotmail.com.ar](mailto:gerardobot@hotmail.com.ar)); Ana Castro Luna ([castrolu@gmail.com](mailto:castrolu@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (UTN-FRLP) - Arg.

**Palabras clave:** Energía solar térmica, Colector de asfalto, Simulación

*El aumento demográfico, y la abundancia de edificios de vivienda multifamiliar en los centros urbanos ha originado un incremento del área pavimentada, ya que se utilizan mezclas asfálticas en las calles y en estacionamientos vecinos a estas viviendas y en sus centros comerciales. Con el avance de la urbanización, se registran temperaturas más elevadas en las ciudades que en las áreas rurales aledañas. Como consecuencia, hay un aumento en el uso de acondicionadores de aire, lo que implica una mayor demanda y consumo de electricidad. Al mismo tiempo, el exceso de calor contenido en las áreas pavimentadas provoca su deformación, se generan huellas permanentes, que eliminan la característica del pavimento y provocan un deterioro prematuro del pavimento.*

*Un modo de reducir los efectos negativos de la alta temperatura en el pavimento se logra extrayendo el calor que acumuló por exposición solar, mediante la circulación de un fluido de capacidad calorífica adecuada que circula debajo del pavimento.*

*La variación de temperatura hacia el interior del pavimento es una información importante y necesaria para determinar el equipo a utilizar posteriormente en un colector del calor solar de pavimento asfáltico*

### 1. INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo económico mundial ha provocado un aumento acelerado en la demanda de energía. Como consecuencia del uso descontrolado e ineficiente de combustibles fósiles, y el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero, GEI, la temperatura en nuestro planeta ha aumentado excesivamente en las últimas décadas, con un impacto ambiental preocupante. Se han propuesto diferentes opciones tecnológicas para estabilizar la concentración atmosférica de los GEI, entre las cuales se menciona el uso de las fuentes de energías renovables, aunque el porcentaje de la participación de éstas en la provisión de energía es aún bajo como se muestra en la Figura 1 [1].

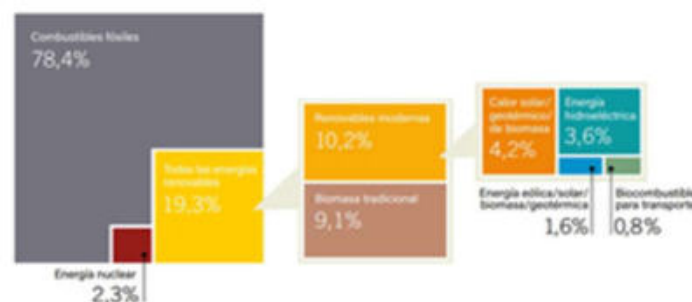


Figura 1 - Diagrama sobre contribución a la demanda de diferentes fuentes de energía en 2016

La energía solar es considerada entre todas las energías renovables, como una energía limpia, respetuosa del medio ambiente y en términos de la vida humana, inagotable.

La radiación térmica puede definirse como la radiación electromagnética irradiada por un cuerpo debido a su temperatura. El calor emitido por un radiador ideal o cuerpo negro está expresado por la



ley de Stefan-Boltzmann, que vincula la energía total irradiada,  $E$ , para todas las longitudes de onda  $\lambda$ , con la temperatura como  $E = \sigma \cdot T^4$  siendo  $\sigma$  la constante de Boltzman,  $\sigma = 5,67032 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

El sol es considerado un *cuerpo negro*, esto es un cuerpo que absorbe y emite toda la radiación que posee. La radiación solar que llega a la tierra posee una energía que se extiende entre 0.1 y 100  $\mu\text{m}$  en el espectro electromagnético, incluye casi un 42% de la radiación visible un 52% infrarroja (IR) y el porcentaje restante de radiación ultravioleta (UV).

La radiación irradiada a la atmosfera, por la tierra, que es considerada un *cuerpo gris* con una temperatura media de 300<sup>0</sup>K, se encuentra mayoritariamente en la región de ondas largas del espectro electromagnético [2].

Un pavimento de mezcla asfáltica es una masa densa compuesta de áridos de diferente tamaño regulado, arena, polvo fino de caliza y betún o asfalto procedente de la destilación de petróleo. Tomando en cuenta que debido a la irradiación solar que recibe el pavimento, éste puede alcanzar temperaturas próximas a 343 <sup>0</sup>K en días estivales, es posible desarrollar un sistema innovador capaz de coleccionar parte de la energía solar térmica.

En el pavimento, ese calor podría ser empleado inmediatamente o almacenado para usar según requerimiento. La cantidad de radiación solar que llega a una determinada localización depende de muchos factores, entre otros la ubicación geográfica del pavimento, el día específico del año, la presencia o ausencia de nubes.etc. [3]. Los pavimentos son afectados por el clima y la época del año que se considere, en invierno si las temperaturas son muy bajas, se vuelven duros y quebradizos y en el verano, con las altas temperaturas se ablandan y al ser expuestos al tránsito vehicular aparecen deformaciones que dejan un pavimento con ondulaciones. Otros materiales como el hormigón o los cerámicos se pueden usar también como material de almacenamiento.

Es de destacar, que en la ciudad los pavimentos contribuyen, además al llamado efecto isla de calor urbano (ICU) ocasionando que la temperatura en la ciudad sea más elevada que la registrada a campo abierto, Figura 2. La temperatura media en la ciudad puede ser entre 1 y 3 <sup>0</sup>C más elevada que en los alrededores durante el día, siendo esa diferencia de hasta 12 <sup>0</sup>C, en una noche calmada. La consecuencia de este aumento de temperatura es una mayor demanda de electricidad en la zona urbana para la refrigeración del ambiente lo que provoca un aumento en la concentración de los gases contaminantes. Muchos materiales artificiales, como el pavimento, pueden almacenar más calor que los materiales naturales, como el suelo seco y la arena. Como resultado, las áreas construidas típicamente capturan más energía del sol, a veces conservando el doble de su entorno rural durante el día. [4].

La mayor capacidad calorífica de los materiales urbanos convencionales contribuye a calentar el ambiente urbano durante la noche, cuando los materiales en esas zonas residenciales liberan el calor almacenado. Si se toma en cuenta la gran cantidad de pavimento asfáltico utilizado en las áreas urbanas, se puede tener una idea de la potencialidad de este elemento como fuente de energía calórica. Para aprovechar esa energía debe ser posible coleccionarla. La secuencia en el procedimiento de aprovechamiento de esta energía es en primer lugar, captura, luego almacenamiento y finalmente uso.

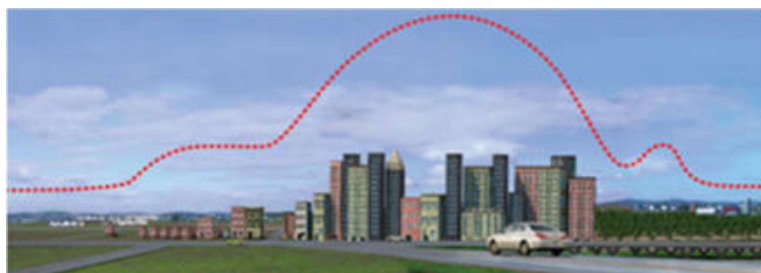


Figura 2 - Esquema de la variación de temperatura por efecto isla de calor urbano ICU.

Como consecuencia de la exposición a la radiación solar, la posibilidad de vientos superficiales y la naturaleza del pavimento existe un intercambio de energía radiante entre éste y la atmósfera, al que se suma un intercambio de calor por convección entre la superficie del pavimento y el aire circundante y una transferencia de calor por conducción debido al gradiente de temperatura entre la superficie y el interior del pavimento. La ubicación a una cierta profundidad del pavimento de un

dispositivo a través del cual circule un fluido aceptor de calor, permitirá el aprovechamiento de esa energía

Actualmente se conocen varias propuestas para coleccionar calor desde mezclas asfálticas, los más avanzados y modernos usan un tramo del camino asfaltado como un gran colector solar para absorber el calor, transfiriéndolo a un líquido que fluye por una tubería incrustada en el pavimento, a pocos centímetros de la superficie. El líquido caliente puede usarse a continuación o almacenarse a mayor profundidad del suelo donde la temperatura se mantiene prácticamente constante, y reutilizarse en invierno para impedir, por ejemplo, el congelamiento del asfalto. Sin embargo, un colector de mezclas asfálticas con tubos incrustados es problemático ya que siempre que se usen tubos metálicos, hay posibilidad de corrosión y si se reemplazan por tubos de polímero, hay peor conductividad térmica. Además, la estructura del pavimento se debilita debido a la introducción de un elemento flexible dentro un material mucho más rígido [5].

Hay otro prototipo de colector solar, denominado colector asfáltico multicapa, el cual está formado por tres capas de mezcla asfáltica, una capa inferior muy compacta fabricada casi sin poros, que hace de base y evita la infiltración del fluido colector del calor que circula por una capa intermedia muy porosa fabricada con una mezcla especialmente diseñada y una capa superior de asfalto, suficientemente impermeable como para evitar la entrada de agua desde la superficie del pavimento y que es la responsable de captar la energía solar, y transmitirla por conducción al fluido. El uso de la energía térmica proveniente del calentamiento solar de los asfaltos resulta de gran interés en muchas aplicaciones de ingeniería porque permite satisfacer los requerimientos ya sea en industrias como calor de proceso o en domicilios

En este trabajo habiendo elegido como modelo de colector de calor el denominado tricapa, o multicapa, se propone estudiar el comportamiento del pavimento expuesto a la radiación solar, en relación a la propagación del calor al interior del mismo. Para tal fin se realiza una simulación para determinar cómo varía la temperatura hacia el interior de la mezcla asfáltica irradiada, y que cantidad del calor puede ser almacenado en un pavimento poroso inundado con agua que es la capa que recibe el calor y contiene el fluido. Se utilizará la aproximación de diferencias finitas, a partir de parámetros físicos y climáticos obtenidos del año meteorológico típico (TMY) para la ciudad de La Plata Argentina [6].

## **2. CONSIDERACIONES SOBRE EL MODELO**

### **2.1. Balance de calor en el pavimento expuesto a la radiación solar**

Las propiedades de los materiales usados en los pavimentos, en particular su reflectancia solar, emisividad térmica, y capacidad calorífica, también influyen en el desarrollo del ICU, ya que determinan cómo la energía del sol es reflejada, emitida y absorbida.

La reflectancia solar, o albedo, es el porcentaje de energía solar reflejada por una superficie. El pavimento convencional y el hormigón tienen una reflectancia solar que dependiendo de la composición varía entre el 5 y 40 %, esto significa que los materiales absorben entre el 95 al 60 % de la radiación solar que reciben, en lugar de reflejarla a la atmósfera. Aunque la reflectancia solar es la principal determinante de la temperatura superficial de un material, la emisión térmica, también influye. La emisión térmica o emisividad de un material, da cuenta de la cantidad de calor que él irradia por unidad de área a una temperatura determinada, es decir la facilidad con que una superficie pierde calor o emite radiación de onda larga (infrarroja). Cualquier superficie expuesta a la energía radiante se calentará hasta que alcance el equilibrio térmico (es decir, hasta que emita tanto calor como el que recibe). Cuando se expone a la luz solar, una superficie con alta emisión alcanzará el equilibrio térmico a una temperatura más baja que una superficie con baja emisión

Los pavimentos convencionales con alta reflectancia solar reducen las temperaturas de la superficie y del subsuelo, ya que hay menos calor disponible en la superficie para ser absorbida por el pavimento.

El balance de energía existente en la superficie del pavimento está asociado a tres formas de transmisión de calor: i) radiación, ii) convección y iii) conducción.

Se propone un modelo que prediga la variación de temperatura con la profundidad de la capa de la mezcla asfáltica para lo cual se necesita del balance de energía que tiene lugar en el pavimento, y que incluye los flujos de radiación, la pérdida de energía por convección con el viento y la conducción de calor hacia el interior del pavimento .

En la Figura 3 muestran las diferentes contribuciones al balance de calor en un pavimento de asfalto de espesor  $\Delta x$ .

$Q_{SOL}$  es el calor que llega a la superficie del pavimento por la radiación solar incidente (directa y difusa) que se toma desde los valores de radiación medidos en el TMY [6]. Una porción de esta radiación,  $Q_{SOLREF}$ , se refleja dependiendo del albedo superficial. El albedo es la reflectividad de una superficie de modo que la porción de calor del sol absorbida por la superficie del pavimento es (1-albedo)  $Q_{SOL}$

La radiación emitida por el pavimento *quasi negro*, es  $Q_{PAV}$  mientras que  $Q_{PAVREF}$  representa la fracción de la radiación que emitida desde el pavimento, es luego absorbida por la atmósfera y parcialmente devuelta al pavimento. Por otra parte, la diferencia de temperatura existente en la interface pavimento/ aire provoca un flujo de calor convectivo el cual afectado por la velocidad del viento representa la pérdida de calor de la superficie del pavimento por convección  $Q_{CONV}$ .

Finalmente,  $Q_{COND}$  representa el calor absorbido por el pavimento que se transfiere por conducción a capas asfálticas más profundas.

La velocidad para transferir calor a través de una sección transversal de espesor  $\Delta x$ , entre la temperatura en la superficie del pavimento y la temperatura a una profundidad dada, se expresa por la ley de Fourier,  $Q_{COND} = -k \Delta T/\Delta x$  donde  $k$  representa la conductividad térmica. Este calor es el que necesitamos para expresar en una ecuación diferencial que muestre la variación de la temperatura con la profundidad para un flujo de calor dado

El calor transmitido es proporcional a la conductividad del material y a la diferencia de temperatura, y es inversamente proporcional al espesor:

Un pavimento con baja conductividad térmica puede calentarse en la superficie pero no transferirá ese calor a través de las otras capas del pavimento tan rápido como el pavimento con mayor conductividad. El grosor de un pavimento también influye en la cantidad de calor que almacenará, con pavimentos más gruesos que almacenan más calor

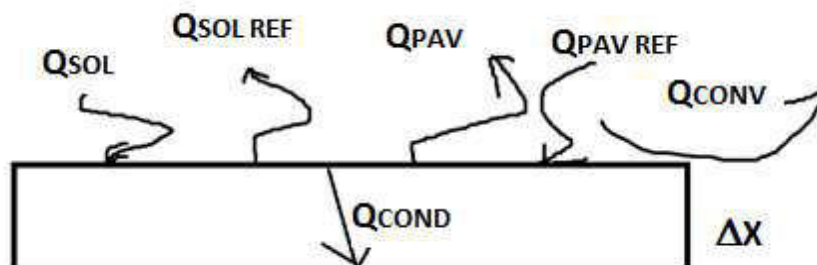


Figura 3 - Esquema del balance de calor a considerar en la capa de pavimento-

## 2.2. Recopilación de los parámetros involucrados

Para determinar cómo será el prototipo a realizar con mezcla asfáltica es necesario realizar un estudio previo de modelado y simulación acerca de cómo ocurre la transferencia de calor y la distribución de temperaturas hacia el interior del pavimento sujeto a irradiación solar. Se han desarrollado distintos modelos para predecir las temperaturas del asfalto [7]. En casi

todos los modelos de predicción de la temperatura del asfalto, se requieren como condiciones iniciales, datos de las propiedades fisicotérmicas del asfalto que se trata, tales como conductividad térmica, capacidad calorífica, irradiación solar, densidad del material, velocidad del viento, época del año, día, hora, etc.

Es un hecho conocido que la temperatura de la superficie disminuye cuando aumenta la conductividad térmica del material. Experimentalmente, agregados de cuarzo o de partículas metálicas pueden aumentar la conductividad térmica.

Para resolver las ecuaciones diferenciales que resultan del balance de energía y determinar la variación de temperatura con la profundidad de la capa de pavimento se usa el método de diferencia finita bajo la Plataforma Matlab © .

Por otra parte, todas las conclusiones que resultan del cálculo de los elementos en el balance serán validadas con medidas experimentales, con probetas con las mezclas asfálticas seleccionadas, en experiencias en el laboratorio y/o en estacionamientos al aire libre.

### 2.3. Formulación Matemática del Problema

En la transmisión de calor por conducción la energía se transmite entre dos puntos de un medio conductor que poseen distinta temperatura. La ecuación fundamental de la transmisión de calor por conducción calcula la distribución espacial y temporal de temperaturas en un medio. Así, la resolución de la ecuación permite determinar la temperatura de cualquier punto del medio para cualquier instante de tiempo. La transferencia de calor entre el pavimento y sus capas interiores puede tratarse como una transferencia de calor transitoria unidimensional. En adelante se considera el tratamiento para un conjunto de 3 capas de pavimento uno de ellos con una cierta permeabilidad y el suelo donde esta soportado

El problema a resolver es encontrar la distribución de temperatura dentro de un paquete de de asfalto definido por tres capas apoyado sobre el suelo.

Las capas de asfalto son:

- ✓ Capa 1 y 3 con la misma composición

Se trata de pavimentos compactos de 0.02 m espesor, con las siguientes propiedades físicas.

$$C_p^{(i)} = 1287.26 \left[ \frac{J}{Kgrs \ ^\circ K} \right] \quad \rho^{(i)} = 1287.26 \left[ \frac{Kgrs}{m^3} \right] \quad k^{(i)} = 1.4 \left[ \frac{W}{m \ ^\circ K} \right]$$

$$i = 1,3$$

- ✓ Capa 2 : Está formada por un asfalto poroso de 0.04 m de espesor

$$C_p^{(2)} = 1840 \left[ \frac{J}{Kgrs \ ^\circ K} \right] \quad \rho^{(2)} = 1000 \left[ \frac{Kgrs}{m^3} \right] \quad k^{(2)} = 1.03 \left[ \frac{W}{m \ ^\circ K} \right] \quad (2)$$

Se considera para el tratamiento que el suelo tiene una temperatura constante de 287<sup>0</sup>K , un espesor de 2.92 m y sus constantes físicas son

$$C_p^{(4)} = 837 \left[ \frac{J}{Kgrs \ ^\circ K} \right] \quad \rho^{(4)} = 1600 \left[ \frac{Kgrs}{m^3} \right] \quad k^{(4)} = 1.47 \left[ \frac{W}{m \ ^\circ K} \right] \quad (3)$$

Sobre la superficie de la primer capa de asfalto incide un flujo térmico dado por la diferencia entre un flujo térmico por radiación (gana calor) y un flujo térmico convectivo (pierde calor)

✓ Flujo Térmico por radiación

$$Q^{rad}(T_{sup}) = (1 - alb)r + (e_a - e)\sigma(T_{sup})^4 \quad (4)$$

Siendo:

- $alb$  = albedo = 0.15
- $e$  = 0.85 Emisividad.del pavimento
- $e_a$  = 0.7 Emisividad.de la atmosfera.
- $\sigma$  =  $5,67032 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2.\text{K}^4$  constante de Boltzman
- $r$  Radiación en función del tiempo, dato obtenido del TMY.
- $T_{sup}$  Temperatura de la superficie de la primera capa, tiene una variacion temporal

✓ Flujo térmico convectivo

$$Q^{conv} = h_c (T_{sup} - T_{aire}) \quad (5)$$

Siendo:

$$h_c = 698.24 \left( 0.00144 \left( \frac{T_{aire} + T_{sup}}{2} \right)^{0.3} V^{0.7} + 0.00097 |T_{sup} - T_{aire}|^{0.3} \right) \quad (6)$$

- $T_{sup}$  Temperatura de la superficie de la primera capa que varía con el tiempo
- $T_{aire}$  Temperatura del aire, que varía con el tiempo. Dato obtenido del TMY
- $V$  Velocidad del viento. Varía con el tiempo. Dato obtenido del TMY.

$$Q^{total} = Q^{rad} - Q^{conv} \quad (7)$$

El modelo matemático queda definido por la ecuación diferencial.

$$\begin{aligned} \rho^{(i)} C_p^{(i)} \frac{\partial T}{\partial t} &= k^{(i)} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \\ (\alpha^2)^{(i)} &= \frac{k^{(i)}}{\rho^{(i)} C_p^{(i)}} \\ \frac{\partial T}{\partial t} &= (\alpha^2)^{(i)} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \end{aligned} \quad (8)$$

- $i = 1$  Primera capa de asfalto
- $i = 2$  Segunda capa de asfalto
- $i = 3$  Tercera capa de asfalto
- $i = 4$  Capa definida por el suelo

#### 2.4. Resolución de la ecuación diferencial

✓ Condición inicial.

Se considera una temperatura constante en la tres capas de asfalto y el suelo de  $303 \text{ }^\circ\text{K}$ . Esta condición es supuesta, tiene fuerte influencia al comienzo en el modelado, atenuándose su importancia en el transcurso del tiempo.

$$T_{ini} = 303 \text{ }^\circ\text{K} \quad (9)$$



✓ Condición de borde superior.

$$Q^{total} = Q^{rad} - Q^{conv} \quad (10)$$

Donde  $Q^{rad}$  y  $Q^{conv}$  están dadas por (4) y (5) respectivamente.

Condición de borde inferior.

Se fija una temperatura constante de 287 °K en el borde inferior.

$$T_{inf} = 287^0K \quad (11)$$

El problema definido por la ecuación diferencial (8), la condición inicial (9) y las condiciones de borde (10) y (11) es un problema no lineal en las temperaturas debido a la no linealidad de la condición de borde superior (10) en la temperatura  $T_{sup}$ .

### **Discretización de la ecuación diferencial.**

Para la resolución inicialmente se discretiza la ecuación diferencial (8) haciendo uso de las siguientes expresiones aproximadas de las derivadas primera y segunda

Derivada primera temporal

Expresando la derivada primera temporal en el punto  $x = x_i$  y  $t = t_j$  en forma progresiva y tomando un incremento temporal  $k$

$$\frac{\partial T}{\partial t}(x_i, t_j) \cong \frac{T(x_i, t_j + k) - T(x_i, t_j)}{k} - \frac{k}{2} \frac{\partial^2 T}{\partial t^2}(x_i, \mu_j) \quad \mu_j \in (t_j, t_j + k) \quad (12)$$

Derivada segunda espacial

Expresando la derivada segunda espacial en el punto  $x = x_i$  y  $t = t_j$  en forma centrada con un incremento espacial  $h$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}(x_i, t_j) \cong \frac{T(x_i + h, t_j) - 2T(x_i, t_j) + T(x_i - h, t_j)}{h^2} - \frac{h^2}{12} \frac{\partial^4 T}{\partial x^4}(\xi_i, t_j) \quad \xi_i \in (x_i - h, x_i + h) \quad (13)$$

Definiendo

$$\begin{aligned} T(x_i, t_j + k) &= T_i^{j+1} & T(x_i, t_j) &= T_i^j \\ T(x_i + h, t_j) &= T_{i+1}^j & T(x_i - h, t_j) &= T_{i-1}^j \end{aligned} \quad (14)$$

En resumen la expresión de la ecuación diferencial discretizada en el punto  $x = x_i$  y  $t = t_j$  está definida por

$$\frac{T_i^{j+1} - T_i^j}{k} - \alpha^2 \frac{T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j}{h^2} = 0 \quad (15)$$

Generándose un esquema en diferencias progresivas, la cual presenta un error de truncamiento local

$$\tau_{ij} = \frac{k}{2} \frac{\partial^2 T}{\partial t^2}(x_i, \mu_j) - \frac{\alpha^2 h^2}{12} \frac{\partial^4 T}{\partial x^4}(\xi_i, t_j) \quad (16)$$

Desarrollando la expresión (16), resulta

$$T_i^{j+1} - T_i^j = \frac{k \alpha^2}{h^2} [T_{i+1}^j - 2 T_i^j + T_{i-1}^j] \rightarrow T_i^{j+1} = \frac{k \alpha^2}{h^2} [T_{i+1}^j - 2 T_i^j + T_{i-1}^j] + T_i^j \quad (17)$$

Definiendo el parámetro  $\lambda$  como:

$$\lambda = \frac{k \alpha^2}{h^2} \quad (18)$$

Resulta:

$$T_i^{j+1} = \lambda [T_{i+1}^j - 2 T_i^j + T_{i-1}^j] + T_i^j \rightarrow T_i^{j+1} = \lambda T_{i+1}^j + (1 - 2 \lambda) T_i^j + \lambda T_{i-1}^j \quad (19)$$

Se aprecia que a la derecha de (19) están descritas las temperaturas asociadas al instante  $t = t_j$ , mientras a la izquierda de la ecuación están descritas únicamente la temperatura asociada al instante  $t = t_{j+1}$ . Por lo que teniendo como datos las temperaturas  $T_{i+1}^j$ ,  $T_i^j$  y  $T_{i-1}^j$ , de (19) se obtiene directamente la temperatura por medio del esquema explícito.

Discretizando los dominios espacial en  $n$  partes y el temporal  $m$  se tienen las siguiente equidistancia entre los puntos.

$$h = L/n \quad k = T_{final} / m \quad (20)$$

Quedando el dominio continuo representado por el siguiente conjunto de puntos

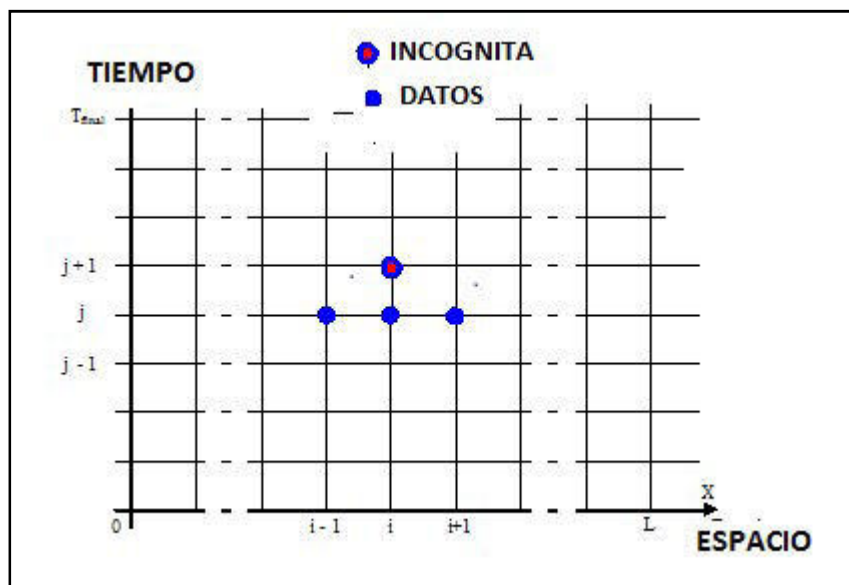


Figura 4-Diseño de malla para modelo en diferencias finitas

Aplicando la ecuación explícita (19) para el primer instante de tiempo  $t_2 = k$

$$T_i^2 = \lambda T_{i+1}^1 + (1 - 2 \lambda) T_i^1 + \lambda T_{i-1}^1 \quad i = 1, 2, \dots, n - 1 \quad (20)$$

Desarrollando para  $i$  resulta

$$\begin{aligned}
 i = 1 & \quad T_1^2 = \lambda T_2^1 + (1 - 2\lambda) T_1^1 + \lambda T_0^1 \\
 i = 2 & \quad T_2^2 = \lambda T_3^1 + (1 - 2\lambda) T_2^1 + \lambda T_1^1 \\
 i = 3 & \quad T_3^2 = \lambda T_4^1 + (1 - 2\lambda) T_3^1 + \lambda T_2^1 \\
 i = 4 & \quad T_4^2 = \lambda T_5^1 + (1 - 2\lambda) T_4^1 + \lambda T_3^1 \\
 & \quad \dots \\
 i = s & \quad T_s^2 = \lambda T_{s+1}^1 + (1 - 2\lambda) T_s^1 + \lambda T_{s-1}^1 \\
 & \quad \dots \\
 i = n - 2 & \quad T_{n-2}^2 = \lambda T_{n-1}^1 + (1 - 2\lambda) T_{n-2}^1 + \lambda T_{n-3}^1 \\
 i = n - 1 & \quad T_{n-1}^2 = \lambda T_n^1 + (1 - 2\lambda) T_{n-1}^1 + \lambda T_{n-2}^1
 \end{aligned} \tag{21}$$

Las expresiones anteriores son numéricamente estables si se cumple la siguiente desigualdad

$$\lambda = \frac{k \alpha^2}{h^2} \quad 0 \leq \frac{k \alpha^2}{h^2} \leq \frac{1}{2} \tag{22}$$

### 3.1.2 Esquema iterativo para definir la temperatura de la superficie de pavimento.

**Paso 1** -Se fija una temperatura para la superficie de la capa asfáltica  $T_{sup}$ , con este valor fijado se calcula

$$Q^{rad}(T_{sup}) = (1 - alb) r + (e_a - e) \sigma (T_{sup})^4 \tag{23}$$

$r$  Radiación en función del tiempo. Dato meteorológico obtenido del TMY.

$T_{sup}$  Temperatura de la superficie de la capa supuesta asociada a un instante de tiempo

$$Q^{conv} = h_c (T_{sup} - T_{aire}) \tag{24}$$

Donde:

$$h_c = 698.24 \left( 0.00144 \left( \frac{T_{aire} + T_{sup}}{2} \right)^{0.3} V^{0.7} + 0.00097 |T_{sup} - T_{aire}|^{0.3} \right) \tag{25}$$

$T_{aire}$  Temperatura del aire asociada a un instante de tiempo. Dato meteorológico obtenido del TMY.

$$V \text{ Velocidad del viento asociada a un instante de tiempo. Dato meteorológico obtenido del TMY } Q^{total} = Q^{rad} - Q^{conv} \tag{26}$$

**Paso 2** Haciendo uso de la ecuación (20)

$$T_2^{j+1} = \lambda T_3^j + (1 - 2\lambda) T_2^j + \lambda T_1^j \quad j = 1, 2, \dots, m - 1 \tag{27}$$

Donde:

- $T_3^j$  Temperatura a una profundidad de  $2h$  en el instante  $j k$ .

Dato conocido, calculado previamente o en el primer instante es igual a la condición inicial.

- $T_2^j$  Temperatura a una profundidad de  $h$  en el instante  $j k$ .

Dato conocido, calculado previamente o en el primer instante es igual a la condición inicial.

- $T_1^j$  Temperatura sobre la superficie en el instante  $j k$ .

Dato conocido. Calculado previamente o en el primer instante es igual a la condición inicial.

- $T_2^{j+1}$  Temperatura a una profundidad de  $h$  en el instante  $(j + 1) k$ .

Si se conoce la temperatura  $T_2^{j+1}$  es posible calcular el siguiente flujo sobre la superficie

$$Q^{calc} = -k^{(1)} \frac{T_2^{j+1} - T_{sup}}{k} \quad (28)$$

**Paso 3-** Haciendo uso de la ecuaciones (28) y (26) se define la función:

$$f(T_{sup}) = [Q^{total}(T_{sup}) - Q^{calc}(T_{sup})]^2 \quad (29)$$

Numéricamente se busca el mínimo de la función (29) variando la temperatura de la superficie  $T_{sup}$ , mediante la metodología del Section Golden, para lo cual se vuelve al Paso1 y se repite el proceso iterativo hasta encontrar su mínimo bajo una tolerancia dada. En este punto se puede concluir que  $Q^{total}(T_{sup})$  y  $Q^{calc}(T_{sup})$  son *casi-iguales* y la temperatura que hace mínima a la función  $f(T_{sup})$  es la temperatura de la superficie asociada al instante  $(j + 1) k$ .

**Paso 4-** Teniendo la temperatura de la superficie mediante la ecuación

$$T_i^{j+1} = \lambda T_{i+1}^j + (1 - 2\lambda) T_i^j + \lambda T_{i-1}^j \quad i = 2, \dots, n - 1 \quad (30)$$

Se calculan las temperaturas dentro de las tres capas de asfalto y en el suelo.

**Paso 5** -Se repite el proceso para el instante posterior de tiempo.

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS.

Tomando los siguientes parámetros de cálculo:

incremento temporal = 10 s, incremento espacial = 0.005m, tolerancia en la búsqueda del mínimo= 0.00001, número máximo de iteraciones en la búsqueda del mínimo = 2000, es posible graficar la variación de la temperatura con la profundidad o espesor de pavimento durante treinta días del TMY. A partir del modelo propuesto es posible medir la temperatura a diferentes niveles de profundidad

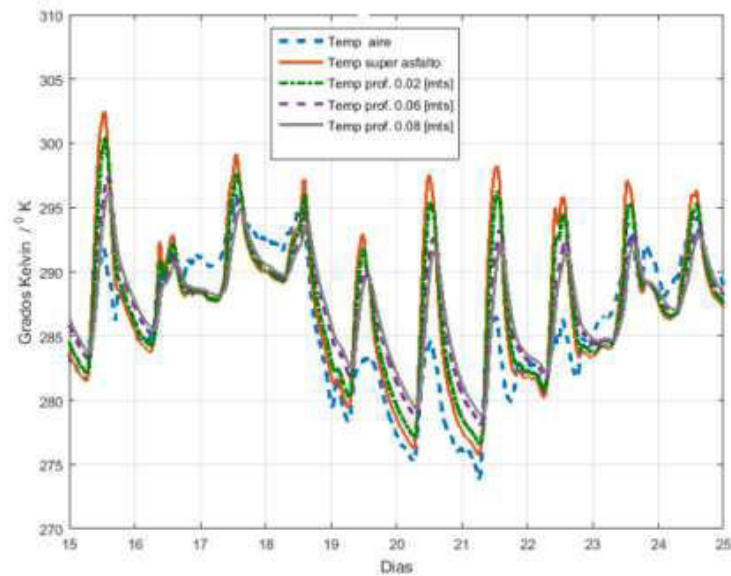


Figura 5 Variación de la temperatura calculada a diferentes profundidades en un periodo de 10 días del mes que se estudia correspondiente al TMY

En la Figura 5 se ha representado la variación de temperatura calculada a diferentes profundidades en el periodo comprendido entre el día 15 y el 25 del mes considerado. Se observa que la temperatura de la superficie de la capa 1 de pavimento alcanza los mayores valores en cada día analizado y presenta máximos y mínimos que se asocian a la presencia o ausencia de la luz solar. La variación de temperatura de la capa 1 sigue de modo muy aproximado y solidario la variación de la temperatura en la superficie. Las variaciones de temperatura con la profundidad y para cada día del mes de enero se muestran en la Figura 6.

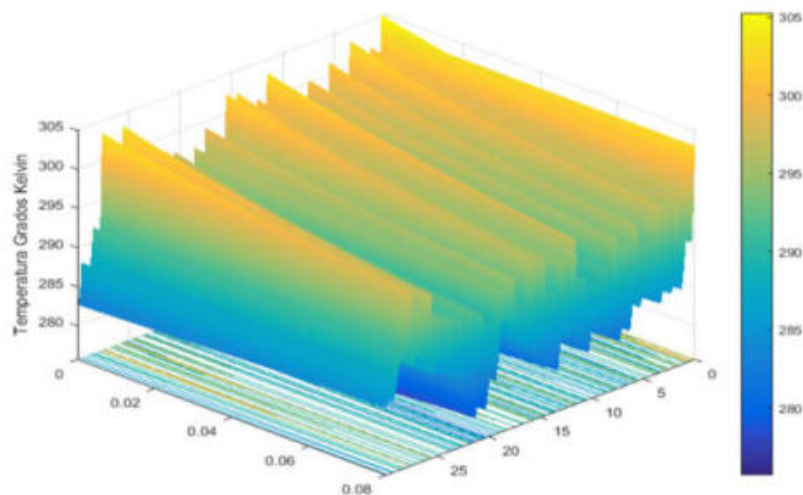


Figura 6- Variación de la temperatura con la profundidad, del conjunto de 3 capas de asfalto soportadas por el suelo durante 30 días del mes seleccionado del TMY.

## 5. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en la simulación muestran que es posible calcular como varía la temperatura del colector de calor solar, haciendo uso de una serie de parámetros fisicotérmicos y datos del año meteorológico tipo.



Se observa que la variación horaria de la temperatura del aire para el mes de enero y la temperatura del pavimento aumentan ambas hasta alcanzar un máximo diario y luego estas temperaturas disminuyen debido a la menor radiación solar

## 6. REFERENCIAS.

- [1] *Avanzando en la transición mundial hacia la energía renovable*, Tech. Rep, REN21 (2017).
- [2] Pascual-Muñoz P, Castro-Fresno D, P. Serrano-Bravo P. Alonso-Estébanez. (2013) *A thermal and hydraulic analysis of multilayered asphalt pavements as active solar collectors*. *Applied Energy* 111, 324–332.
- [3] M. Solaimanian, T W. Kennedy (1975) *Predicting Maximum Pavement Surface Temperature Using Maximum Air Temperature and Hourly Solar Radiation* *Transportation Research Record* 1417
- [4] Gago, E. J., J. Roldan, R. Pacheco-Torres, and J. Ordonez. (2013) *The City and Urban Heat Islands: Review of Strategies to Mitigate Adverse Effects*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 25, , pp. 749–758
- [5] Pan P, Wu S, Xiao W, Liu G (2015) *A review on hydronic asphalt pavement for energy harvesting and snow melting*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48, 624–634
- [6] F. Bre, M.G. García Santa Cruz, V D. Fachinotti (2017) *Generación del Año Meteorológico Típico para la Ciudad de La Plata, Argentina XIV Encontro Nacional do Conforto no ambiente Construido Balneario Comboriu Brasil*
- [7] Hermansson, E. (2004). "Mathematical model for paved surface summer and winter temperature: comparison of calculated and measured temperatures." *Cold Regions Science and Technology* 40(1-2): 1-17

## 7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el aporte financiero necesario para la realización del trabajo, a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, CICIPBA y a la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata, UTN FRLP. VB agradece la beca para alumnos UTN.

# CAMINHABILIDADE E ACESSIBILIDADE URBANA: AVALIAÇÃO DO BAIRRO MARINGÁ - SERRA - ESPÍRITO SANTO

*Priscila Alves Gomes (prisagomes@hotmail.com); Brenda Aurora Pires Moura (brendaapm@gmail.com); Fabiana Trindade da Silva (fts.fabianatrindade@gmail.com)*

Centro Universitario Faesa (FAESA) - Brazil

Universidade Federal do Espirito Santo (UFES) - Brazil

**Palavras chave:** Caminhabilidade, Acessibilidade, Diagnóstico urbano, Análise urbana, Maringá/ES.

*O crescente envelhecimento populacional é uma realidade nas cidades brasileiras, e percebe-se que poucas regiões tem se adaptado as necessidades desse grupo. Consequentemente as cidades tornaram-se inacessíveis. Com o aumento dos estudos a cerca da acessibilidade surgem diversos desdobramentos dessa temática. Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi realizar diagnóstico de caminhabilidade e de acessibilidade urbana. A análise proposta, aplicada no bairro Maringá localizado no município da Serra (ES) utilizou-se da metodologia do índice de caminhabilidade e o método de aplicação do desenho universal em vias públicas. O diagnostico foi capaz de identificar as deficiências e potencialidades do local e assim possibilitar o estabelecimento de diretrizes para melhoria do espaço urbano.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a modernização dos planejamentos, as cidades passaram a ser desenvolvidas e construídas para atender à demanda crescente de automóveis que circulam nesses centros urbanos. Por outro lado, os pedestres também passaram a exigir melhorias em relação a mobilidade, melhoria estas que vem sendo atendidas nos grandes centros, onde o fluxo de pedestres é intenso.

A acessibilidade tem sido uma constante preocupação no meio arquitetônico e urbanístico, está diretamente ligada ao fornecimento de acesso para pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. O direito à acessibilidade vem viabilizando através de órgão públicos e privados, inúmeras mudanças nas condições de acesso a esses espaços, com segurança e autonomia.

Nos dias atuais as intervenções urbanas na maioria das vezes são voltadas para os centros urbanos e principalmente para as praças. Sendo assim esquecidos os bairros menores e menos conhecidos, por falta de apoio os moradores e usuários não tem voz ativa para promover uma petição aos líderes do município para intervenções necessárias. A pesquisa faz uma abordagem sobre acessibilidade ou a falta dela no bairro Maringá, na Serra – ES. Essa pesquisa tem como finalidade entender a necessidade de uma intervenção urbana para adequação das normas e parâmetros de acessibilidade.

O bairro citado foi planejado com proposta de ser um bairro dormitório, foi instalado nos anos 80 com a chegada do porto de tubarão e os centros industriais. Mas a maioria da população existente no bairro é composta por pessoas idosas, que devido à idade avançada não tem facilidade para se locomover.

Quando se trata da caminhabilidade em bairros antigos e afastados desses centros, a realidade é outra, a má pavimentação das calçadas, a falta de rampas de acesso, falta de

faixa de pedestres, dentre outras questões dificultam a mobilidade da população que circula nesses bairros.

O bairro em questão não contém acessibilidade adequada para pessoas com deficiência (PcD) nem com mobilidade reduzida (PMR). Tampouco dispõe de faixas de pedestres, rampas, calçadas e sinalizações adequadas.

Em 2013, na pesquisa nacional de saúde do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) foi apresentado que 0,8% da população capixaba possui algum tipo de deficiência física e 1,6% tem deficiência visual.

No ano de 2015, o Jornal Folha Vitória publicou uma matéria sobre a expectativa de vida dos capixabas, com a pesquisa evidenciou-se que 12,7% da população é formada por idosos, sendo considerados pessoas a partir de 60 anos. E como já apresentado a maioria dos moradores do bairro é formada por idosos.

Acessibilidade é direito de todos. Um bairro caminhável é composto por um conjunto de fatores: sustentabilidade, acessibilidade, conforto ambiental e segurança. Fatores esses que contribuem para o conforto e bem-estar da população. Portanto, o objetivo geral do trabalho é realizar diagnóstico de caminhabilidade e de acessibilidade urbana no bairro Maringá localizado no município da Serra – ES.

## **2. CAMINHABILIDADE**

Nos anos de 1950 e 1960, iniciou-se uma abordagem crítica sobre o desenvolvimento urbano de veículos motorizados, pelos autores Jan Gehl e Jane Jacobs que priorizam em seus trabalhos os pedestres e a vida urbana. A partir do século XXI (ITDP, 2018), nota-se que uma nova geração tem desenvolvido projetos urbanos com infraestrutura para pedestres e ciclistas, assim priorizando a mobilidade urbana, tendo como exemplo Hamburgo – Alemanha.

De acordo com o ITDP (2018), caminhabilidade ou walkability é um conceito que enfatiza a visão do pedestre em relação as condições do meio urbano, também podendo ser considerado como a medida de qualidade do ambiente urbano para o deslocamento a pé. Em 1993, foi reconhecido o primeiro trabalho sobre caminhabilidade na comunidade científica, elaborado por Bradshaw, neste ele apresenta e mede a caminhabilidade em 10 categorias que o mesmo criou.

A partir dessa criação, foi elaborado o índice de caminhabilidade (iCam), que teve sua primeira versão lançada em 2016 pelo Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. Durante o ano de 2015, os indicadores foram analisados e ajustados em encontros periódicos entre o ITDP, Instituto Rio Patrimônio da Humanidade (IRPH) e pública, conjuntamente com a realização no entorno da Praça Tiradentes no Rio de Janeiro (ITDP, 2018).

Nos anos de 2016 e 2017, a ferramenta teve uma boa aceitação pelo público e foi objeto de discussões, apresentações e oficinas. Como resultados desses encontros foram simplificados o modo de coleta de dados e promoveu uma revisão da ferramenta, assim surgiu a versão 2.0 do iCam. Essa sendo composta por 15 indicadores agrupados em 6 categorias, conforme a Figura 1:



Figura 1. Seis categorias do iCam 2.0, ITDP, 2018.

A partir da Figura 2, compreende-se melhor os aspectos das seis categorias do índice de caminhabilidade e observar os 15 indicadores.

CATEGORIAS	SEGURANÇA VIÁRIA	ATRAÇÃO	CALÇADA	AMBIENTE	MOBILIDADE	SEGURANÇA PÚBLICA
ASPECTOS	Refere-se a segurança do pedestre em relação ao tráfego de veículos motorizados, bem como a adaptação de travessias e requisitos de acessibilidade universal.	Atração está relacionada com as características do uso do solo.	Esta categoria se relacionada com a dimensão da caminhabilidade na infraestrutura, considerando dimensões, superfície e pisos adequados.	Ambiente está relacionado aos aspectos de conforto, como abrigo e sombra, e a condições ambientais, como poluição sonora e limpeza urbana.	Refere-se a disponibilidade e o acesso ao transporte público.	Esta categoria se refere sobre a utilização da rua e espaços públicos, e a influência do desenho urbano e das edificações na sensação de segurança.
INDICADORES	TIPOLOGIA DA RUA	FACHADAS FÍSICAMENTE PERMEÁVEIS	LARGURA	SOMBRA E ABRIGO	DIMENSÃO DAS QUADRAS	ILUMINAÇÃO
		FACHADAS VISUALMENTE ATIVAS		POLUIÇÃO SONORA		
	TRAVESSIAS	USO PÚBLICO DIURNO E NOTURNO	PAVIMENTAÇÃO	COLETA DE LIXO E LIMPEZA	DISTÂNCIA A PÉ AO TRANSPORTE	FLUXO DE PEDESTRES DIURNO E NOTURNO
		USOS MISTOS				

Figura 2. Aspectos das categorias do iCam, Autor, 2018.

O principal objetivo da caminhabilidade ou walkability é fazer com que a população use a cidade, bairros e ruas com o máximo de segurança, sustentabilidade e acessibilidade possível, assim melhorando a saúde e a convivência com a vizinhança (ITDP, 2018).

### 3. ACESSIBILIDADE URBANA

No final da década de 40, iniciou-se os serviços de reabilitação física e profissional, assim o termo de “acessibilidade” começou a ser empregado (SASSAKI,2006). Nos anos 50, surgiu a fase de integração que durou cerca de 40 anos até ser substituído pela fase da inclusão.

Em 1980, nota-se transformações e ampliações no que diz respeito a inclusão social de pessoas com deficiência, conforme a reconstrução do conceito (CORREA E MICHELON, 2013). O ano de 1981 foi declarado pela ONU (1976) como o “Ano Internacional das Pessoas Deficientes”, assim motivando outros países a promover a valorização das pessoas portadoras de deficiência na sociedade. Nos anos 90 a Assembleia Geral das Nações Unidas, constatou que seria necessário unir os países de todo o mundo para retomar e aprofundar as metas que haviam sido geradas no evento de 1980 (CORREA E MICHELON, 2013). Ainda na década 90, de acordo com Sasaki (2006) “começou a ficar cada vez mais claro que a acessibilidade deveria seguir o paradigma do desenho universal, onde os ambientes, os meios de transportes e os utensílios sejam projetados para todos”.

A acessibilidade não é apenas um método de adequar o espaço edificado, mas sim realizar uma transformação cultural na abordagem em relação a acessibilidade e um instrumento de inclusão social e melhoria para todos.

A acessibilidade se encontra repleta de barreiras arquitetônicas, como: pisos escorregadios, degraus na entrada de comércios, entre outros. Ao projetar deve-se pensar de forma integrada, respeitando a diversidade física e sensorial e as transformações por quais o corpo passa, da infância à velhice.

A Norma Brasileira 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 9050, 2015), define como conceito de acessibilidade, “Possibilidade e condições de alcance, percepção e entendimento para a utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida. Dessa forma, visando proporcionar a utilização de maneira autônoma e segura do ambiente, independentemente de idade, estatura ou limitação de percepção ou mobilidade.

O Desenho Universal foca na inclusão social e simplificação na vida de todos fazendo com que os ambientes, informações e produtos sejam utilizado pelo maior número de pessoas possível. Juntamente com os objetivos anteriores, tem como propósito reduzir a distância funcional entre os elementos do espaço e a capacidade do indivíduo.

#### **4. CONTEXTO HISTÓRICO DO BAIRRO**

Em meados do século XX, com a chegada da industrialização no estado, principalmente na Grande Vitória, surgiram novas oportunidades de emprego que despertou o interesse de trabalhadores de outros estados que vinham em busca de novas oportunidades (FIOROTTI, 2014).

Em 1966, foi construído o Porto de Tubarão no distrito de Carapina, com o aumento da demanda portuária surgiram os centros industriais, entre eles Civit I e Civit II. Esses grandes centros por sua vez proporcionaram novas oportunidades de empregos e conseqüentemente a procura por moradias. Assim surgiram novos bairros e conjuntos habitacionais (FIOROTTI, 2014).

Para melhor atender os trabalhadores do Civit I, a administração do município criou diversos conjuntos habitacionais, dentre eles o Conjunto Kosciusko Barbosa Leão.

Inicialmente projetado e construído em terreno de 179.652,68m<sup>2</sup>, composto por 16 quadras e 400 lotes, loteado pela empresa A. Madeira Ind. e Com Ltda. e Inocoopes, com projeto aprovado na Prefeitura Municipal da Serra na data de 21/12/1981 com o projeto do desenhista Carlos Roberto A. da Silva, conforme a Figura 4 e anexo A. Contudo atualmente o Conjunto Kosciusko Barbosa Leão é conhecido como Bairro Maringá (FIOROTTI, 2014) e por se tratar de um conjunto habitacional, os lotes são estreitos e pequenos, em média de 200m<sup>2</sup> e 10m de testada.

O bairro em estudo localiza-se ao lado do Civit I e tem os bairros Barcelona e Mata da Serra como confrontantes, conforme a figura 5. Atualmente o bairro tem em média 2.200 habitantes (CENSO, 2010) e aproximadamente 550 lotes.

#### **5. METODO DE DIAGNÓSTICO DE CAMINHABILIDADE E ACESSIBILIDADE**

Inicialmente utilizou-se do índice de caminhabilidade (iCam) que foi criado pelo Instituto de Política de Transporte e Desenvolvimento do Brasil (ITDP do Brasil), teve sua primeira



versão publicada em 2016, após passar por modificações foi gerada a versão 2.0, publicada no mês de Abril desse ano.

O índice de caminhabilidade tem como objetivo medir e avaliar a caminhabilidade de um determinado local, seja, uma rua, um bairro, uma praça ou cidade.

O iCam é uma ferramenta composta por 15 indicadores divididos em 6 categorias, sendo elas, calçadas, mobilidade, atração, segurança viária, segurança pública e ambiente, conforme a Figura 3:

Categorias	Indicadores	Qualidade de fontes para cálculo do Índice		
		Segmento de calçada	Faixa de quadra	Levantamento de campo, ambiente de circulação de pedestres
Calçada	Pavimentação	•		•
	Largura	•		•
Mobilidade	Dimensão da Quadra	•		•
	Distância a pé ao transporte	•		•
Atração	Fachadas fisicamente permeáveis		•	•
	Fachadas visualmente ativas		•	•
	Uso público diurno e noturno		•	•
	Uso misto		•	•
Segurança Viária	Tipologia da rua	•	•	•
	Travessias	•	•	•
Segurança pública	Iluminação	•	•	•
	Fluxo de pedestres diurno e noturno	•	•	•
Ambiente	Sombra e abrigo	•	•	•
	Poluição sonora	•	•	•
	Coleta de lixo e limpeza	•	•	•

Figura 3. Tabela de avaliação do Índice de Caminhabilidade, ITDP, 2018.

Com base nesta tabela e nas informações contidas no índice de caminhabilidade, foi elaborada uma nova tabela para a avaliação do bairro.

Este diagnóstico é realizado a partir de três tipos de dados, sendo, por dados primários e secundários:

- Dados primários levantados em pesquisa de campo, como a medição de ruas e calçadas;
- Dados secundários coletados a partir de documentos já existentes, como fotografias aéreas/ satélite e Google Earth;
- Dados secundários coletados juntamente com agências públicas, como hierarquização viária.

Posteriormente utilizou-se do formulário de vistoria técnica de acessibilidade e mobiliário urbano que foi desenvolvido pela Comissão Permanente de Acessibilidade (CPA) e publicado em 2005 no livro Mobilidade acessível na cidade de São Paulo.

Esta avaliação tem como finalidade propor, averiguar e fiscalizar, se os projetos novos e antigos, se atendem a necessidade de acessos. Assim criando soluções quando necessário, que facilite o acesso de todas as pessoas sem distinção em qualquer lugar.

O roteiro de vistoria é um instrumento para avaliar a qualidade da acessibilidade e dos mobiliários urbanos existentes, mas também para avaliar a quantidade destes, como pode se notar na Tabela 1:

Tabela 1. Tabela de avaliação de Acessibilidade, CPA, 2005.

FORMULÁRIO DE VISTÓRIA TÉCNICA DE ACESSIBILIDADE E MOBILIÁRIO URBANO EM VIAS PÚBLICAS				
TÉCNICO:				
QUADRA Nº:		LADO: ( ) PAR ( ) IMPAR		
ACESSIBILIDADE		SIM (S)	NÃO (N)	NÃO POSSUI (NP)
<b>1. CALÇADA E/OU PASSEIO</b>				
1.1	Faixa Livre			
1.1.1	Largura - Deve ser no mínimo 1,20m.			
1.1.2	Estar livre de interferências.			
1.1.3	Eventuais obstáculos aéreos devem estar localizados a uma altura superior a 2,10m.			
1.1.4	Tampas de caixas de inspeção devem ser evitadas na faixa livre.			
1.1.5	Barreiras suspensas abaixo de 2,10m no passeio devem estar localizadas fora da faixa livre e ser sinalizada com piso tátil de alerta.			
1.1.6	A vegetação não deve obstruir a circulação na faixa livre.			
1.2	Faixa de Serviço			
1.2.1	Rebaixamento de guias para acesso de veículos devem estar localizados na faixa de serviço.			
1.2.2	Tampas de caixas de inspeção quando localizadas na faixa de serviço devem estar absolutamente niveladas com o piso e eventuais frestas devem possuir largura máxima de 15mm.			
1.3	Faixa de Acesso			
1.3.1	Recomendável para passeios acima de 2m de largura.			
<b>2. PISOS</b>				
2.1	Devem ter superfície regular, firme, estável e antiderrapante sob qualquer condição, preferencialmente em concreto pré-moldado ou moldado in loco, bloco de concreto intertravado ou ladrilho hidráulico.			
2.2	Deve haver diferenciação visual da faixa livre.			
2.3	A inclinação transversal da faixa livre deve ser inferior a 2%.			
2.4	A inclinação longitudinal da faixa livre deve acompanhar o greide da rua. Inclinação maior que 8,33% não será considerada rota acessível.			
2.5	Eventuais desníveis no piso: até 0,5cm não requer tratamento especial.			
2.6	Desníveis entre 0,5cm e 1,5cm devem ser tratados em forma de rampa com inclinação máxima de 1:2 (50%)			
2.7	Degrau deve ser sinalizado através de faixa de cor contrastante com a cor do piso.			
2.8	Degrau em rota acessível deve ser tratado em forma de rampa.			
2.9	Grelhas e juntas de dilatação instaladas preferencialmente com as hastes instalados no sentido perpendicular ao fluxo de pessoas.			

2.10	Grelhas e juntas de dilatação instaladas transversalmente, a distância entre as hastes deve ser de até 1,5cm.			
<b>3. FAIXA DE TRAVESSIA DE PEDESTRES</b>				
3.1	Deve estar uniforme, regular e visível de acordo com o código de trânsito brasileiro.			
3.2	Deve haver rebaixamento de guia de rota acessível associada à faixa de travessia de pedestres.			
<b>4. RAMPAS E REBAIXAMENTO DE GUIAS</b>				
4.1	A rampa do rebaixamento de guia deve possuir largura mínima de 1,20m e suas abas laterais largura mínima de 0,50m.			
4.2	Na rampa do rebaixamento de guia deve haver piso tátil de alerta.			
4.3	Na rampa do rebaixamento de guia não deve haver desnível entre o término da rampa e o leito carroçável.			
4.4	A inclinação máxima de rampa deve ser de 8,33%.			
4.5	Rebaixamentos de guia devem estar localizados em lados opostos da via e estar alinhados entre si.			
4.6	Largura restante do rebaixamento no passeio deve ser de no mínimo 0,80m.			
4.7	Onde a largura do passeio não for o suficiente para acomodar o rebaixamento e a faixa livre, deve ser feito rebaixamento total da largura da calçada, com a largura mínima de 1,50m e com rampas laterais de inclinação máxima 8,33%.			
<b>5. VAGAS PARA VEÍCULOS</b>				
5.1	Devem estar vinculadas as guias rebaixadas e a rota acessível que as interligue aos polos de atração, com percurso livre de obstáculos e devem estar localizadas de forma a evitar a circulação entre veículos.			
5.2	Deve haver sinalização horizontal e vertical.			
5.3	Deve haver espaço adicional de circulação com no mínimo 1,20m de largura, quando afastada da faixa de travessia de pedestres.			
MOBILIÁRIO URBANO		SIM (S)	NÃO (N)	NÃO POSSUI (NP)
<b>6. MOBILIÁRIO URBANO</b>				
6.1	Deve estar instalado fora da faixa livre do passeio, inclusos postes de luz, bocas de lobo, tampas de inspeção, telefones, caixa de correio, lixeira e floreiras.			
<b>7. TELEFONES PÚBLICOS</b>				
7.1	5% devem ser acessíveis.			
7.2	Comando devem estar entre 0,80m e 1,20m de altura com indicação em Braille.			
7.3	Deve haver sinalização indicando o tipo de telefone e SIA.			
7.4	Deve haver sinalização tátil de alerta de piso.			
<b>8. SEMÁFAROS</b>				
8.1	O dispositivo de acionamento deve estar entre 0,80m e 1,20m do piso.			
8.2	Semáforos sonoros devem ser instalados em vias públicas de grande volume de tráfego ou onde haja			

	grande concentração de pessoas com deficiência visual.			
<b>9. PONTO DE ÔNIBUS</b>				
9.1	Ponto de ônibus no passeio deve estar localizado na faixa de serviço e ser acessível 9050/2004.			
9.2	Deve haver sinalização tátil na área de embarque e desembarque do ponto de ônibus.			
9.3	Nos abrigos deve haver assentos fixos e espaço para PCR ao lado de bancos fixos.			
OBSERVAÇÕES:				

A tabela utilizada para a realização da avaliação, tem como base a tabela acima, que teve alguns itens modificados e outros removidos para se adaptar ao bairro em estudo.

## 6. APLICAÇÃO DO MÉTODO

O método foi aplicado em diversas ruas do bairro, mas resolveu-se demonstrar a aplicação apenas na Rua Quatro, que obteve uma das piores avaliações. A avaliação de caminhabilidade apresentou os seguintes resultados.

Em relação as calçadas, constatou-se que não possuem pavimentação completa, estão desniveladas e com dimensões inadequadas, conforme Figura 4. A mobilidade percebeu-se que não há acesso ao transporte público.



Figura 4. Calçadas desniveladas, Autor, 2018.

Em relação a atração, segurança viária e pública percebeu-se que existem poucos comércios e fachadas ativas, as calçadas são segregadas, entretanto estão em péssimas condições e com isso os pedestres compartilham a via com os automóveis e a via não possui local adequado para a travessia destes pedestres, conforme Figura 5. E o nível de segurança pública pode ser considerado negativo, pois a iluminação pública não é suficiente em alguns pontos e o local não possui uso noturno.



Figura 5. Entulho e falta de faixa de pedestres, Autor, 2018.

Já o critério de ambiente, que está relacionado com a limpeza e sombreamento, percebeu-se que apesar de existir a coleta de lixo, três vezes por semana, o entulho e galhos não são

retirados e não são descartados corretamente, portanto esses se acumulam nas calçadas. Em relação as sobras, a rua conta somente com a sombra das edificações.

Já a avaliação de acessibilidade detectou os seguintes problemas:

As calçadas não correspondem a necessidade do local, por não terem piso podó tátil, não possuírem sombras, áreas de descanso ou permanência. O revestimento aplicado as calçadas não cumprem o mínimo exigido pela legislação local. Existem desniveis entre calçadas e nas calçadas, conforme Figura 6.

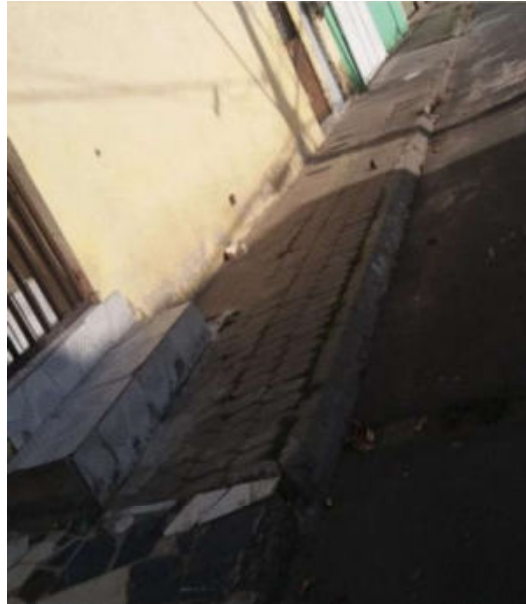


Figura 6. Desniveis na calçada, Autor, 2018.

Não existem faixas de pedestre e nem instrumentos para a proteção e salva guarda do mesmo. As rampas para os automóveis são irregulares e com inclinações superiores ao permitido nas normas de acessibilidade, o que dificulta o uso pelo pedestre que prefere utiliza-se da rua para caminhar.

Não existe vagas para estacionamento de veículo, dessa forma os moradores estacionam nas calçadas e ruas, comprometendo a mobilidade local, conforme figura 7. O mobiliário urbano é quase inexistente, só possui um telefone público. Não há bancos, ponto de ônibus ou placas informativas.



Figura 6. Carros estacionados na calçada, Autor, 2018.

Entende-se que para a adequação do bairro, é preciso além da participação da prefeitura e do poder público, da ação social junto aos moradores a fim de conscientizar os mesmos para melhor usufruírem do espaço público,

## 7. CONCLUSÃO

A caminhabilidade é um conjunto de fatores elaborados para melhorar a qualidade de vida da população nas grandes cidades, assim como a acessibilidade. Ambas procuram



desenvolver locais adequados para os pedestres, sendo pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida ou não. O bairro analisado, se trata de um local mais afastado dos grandes centros, assim não sendo visado para grandes intervenções, contudo a população merece ter uma qualidade de vida melhor.

Ao avaliar os quesitos de mobilidade a pé concluiu-se que o bairro se encontra muito defasado nestes quesitos. E é de suma importância que nos anos vindouros que haja uma maior preocupação com a mobilidade ativa em pequenos bairros afastados dos centros econômicos. Os resultados deste trabalho serão apresentados a prefeitura da cidade em questão para que se pense nas intervenções nesses tipos de bairros.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (abnt). *nbr 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. 2015. Rio de Janeiro, 2015.
- Correa, Celina Maria Britto (2013). *Expografia Acessível: Estudo de Suporte Expográfico com Desenho Universal*. Revista *memoria em rede*, Pelotas, v. 5, n. 9, jun./dez.
- Fiorotti, Alexandre (2014). *Indústria, Conjuntos habitacionais e assentamentos precários: o distrito de carapina, município da serra (es) de 1966 1995*. UFES, p. 133-161, mar. 2014. Disponível em: [http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese\\_7563\\_Alexandre%20Fiorotti.pdf](http://portais4.ufes.br/posgrad/teses/tese_7563_Alexandre%20Fiorotti.pdf)
- Folha vitória. *Expectativa de vida dos animais é alta e tardia. 12,7% da população do es*. Disponível em: <http://www.folhavitoria.com.br/geral/noticia/2015/08/esperanca-de-vida-dos-capixabas-aumenta-seis-anos-e-idosos-representam-12-7-da-populacao-do-es.html>
- ITDP (Institute for Transportation and Development Policy), and EPC (Environmental Planning Collaborative). (2011) *Better Streets, Better Cities: a guide to Street Design in Urban India*. Ahmedabad.
- Nunes, Marcia cristina ribeiro gonçalves. (2018) *avaliação da aplicação do desenho universal em vias públicas: modelo e estudo de caso*. Unama universidade da amazônia, amazônia, v. 1, p. 95-105.
- Torres, Flavia pt. (2006) *cartilha de acessibilidade urbana: fácil acesso para todos*. 1 ed. Belo horizonte: crea – mg.
- SASSAKI, Romeu Kasumi. (1999) *Inclusão: Construindo uma Sociedade Para Todos*. 3ª edição. Rio de Janeiro: WVA.

## 9. AGRADECIMIENTOS

Ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica.

# ECOLOGICAL SEWAGE TREATMENT STATION WITH APPROPRIATION FOR AN URBAN PARK IN BARRA DO BUGRES-MT

Gisele Carignani ([carignani@hotmail.com](mailto:carignani@hotmail.com)); Jassiellyne Marchetto  
([jassiellynemarchetto@gmail.com](mailto:jassiellynemarchetto@gmail.com))

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) - Brazil

**Palavras chave:** Tratamento de Esgoto; Wetlands; Parque Urbano.

*Este trabalho se atém ao quão importante o saneamento básico e as áreas verdes são para a população, e garantem a dignidade e qualidade de vida do ser humano. Porém, não fugindo da realidade nacional, Barra do Bugres-MT apresenta problemas no que tange ao esgotamento sanitário, seja relacionado à coleta ou disposição, implicando ocasionalmente no uso dos caminhões limpa-fossas para recolher o esgoto gerado por algumas residências ou estabelecimentos. Visto a problemática o trabalho busca como solução a iniciativa de mimetizar os ciclos naturais e ofertar uma solução alternativa para tratar os efluentes coletados pelo caminhão limpa-fossa. A fim de solucionar tal adversidade e ainda proporcionar um espaço público aos moradores de um bairro desprovido de áreas de lazer é apresentado um projeto de Estação Ecológica de Tratamento de Esgoto e tal é apropriada para ser um Parque Urbano. Isso só é possível devido ao sistema adotado: os wetlands. Tais utilizam basicamente a vegetação para tratar os efluentes garantindo assim grande apelo paisagístico. O resultado do trabalho é um equipamento de infraestrutura verde, pois concilia natureza e infraestrutura urbana, e um equipamento social que estimula o convívio entre cidadãos e oferta espaços de apreciação e lazer.*

## 1. INTRODUCTION

Rogers (2001) diz que os núcleos urbanos nunca abrigaram tão grande concentração da raça humana. Por tal fato, o futuro da humanidade será determinado pelas cidades e dentro das cidades:

As cidades são o centro da produção e do consumo da maior parte dos bens industriais e acabaram se transformando em parasitas da paisagem, em enormes organismos drenando o mundo para seu sustento e energia: inexoráveis consumidores e causadores de poluição. (Rogers, 2001).

Com a urbanização crescente e avanço de tecnologia a quantidade de água doce indispensável para suprir as necessidades humanas aumentou significativamente assim como os efluentes gerados.

A água destinada para utilizações antrópicas resulta em efluentes domésticos, industriais, agrários, hospitalares, entre outros. Pertinente ao presente trabalho, o efluente doméstico é constituído basicamente de água, porém contém uma pequena porcentagem de matéria orgânica e organismos vivos, dos quais alguns deles podem ser nocivos para a saúde humana. A falta de rede coletora de esgoto e estações de tratamento acarreta no lançamento dos efluentes brutos em lençóis freáticos, córregos, lagos e rios. Tal procedimento resulta em graves problemas como a poluição do solo e cursos d'água causando prejuízos à vida aquática e à saúde dos seres humanos.

Neste escopo o saneamento básico é o conjunto de atividades e medidas que promove a qualidade de vida, o desenvolvimento socioeconômico e a proteção ambiental através de sistemas de infraestrutura e gestão integrada.

A FUNASA realizou em 2013 o 4º Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública, onde foi anunciado que para cada um real investido pelo governo em saneamento básico é economizado quatro reais em custos no sistema de saúde. Soluções preventivas são muito mais viáveis e eficazes do que medidas corretivas, por isso a questão do esgotamento sanitário é substancial para minimizar os gastos da saúde pública e também proteger o meio ambiente. Investir em infraestrutura urbana, mecanismos de coleta, tratamento e disposição final do esgotamento sanitário é de mesma relevância que programas de prevenção de saúde como as vacinações e de suma importância para a sustentabilidade do planeta.

Saneamento básico é um dos indicadores de qualidade de vida e desenvolvimento, todavia a presença de áreas verdes e equipamentos urbanos comunitários são de mesmo valor. A ausência destes espaços é outro problema dos núcleos urbanos, que pode ser solucionada com a implantação de parques urbanos. A criação de parques é uma demanda constante, pois tais espaços promovem melhorias no meio ambiente local e contribuem diretamente para a humanização da cidade ofertando locais de convívio, atividades físicas e recreação.

Neste contexto o urbanismo surge como instrumento de qualificação e melhoria do ambiente urbano. O urbanista enquanto mediador e promovedor da manutenção e aperfeiçoamento das cidades deve se atentar sobre as redes de infraestrutura urbana e qualidade de vida dos cidadãos. O amparo dos recursos naturais aliados a uma rede de infraestrutura eficiente é extremamente pertinente à nossa realidade, seja como cidadão ou profissional. Após o exposto, este trabalho visa esclarecer e ofertar conhecimento sobre esgotamento sanitário, infraestrutura verde e parques urbanos, e principalmente sanar dúvidas e até mesmo preconceitos relacionados ao esgoto.

## **2. OBJETIVOS**

O enfoque do trabalho é abordar sobre o sistema de fitorremediação e como ela trata os efluentes através de vegetação. A partir disso o objetivo final é desenvolver o projeto tratamento de esgoto alternativo, ou seja, uma Estação Ecológica de Tratamento de Esgoto incluindo o referido sistema de recuperação de efluentes oriundos da coleta dos caminhões limpa-fossas em Barra do Bugres-MT. E através do apelo paisagístico das plantas do sistema de tratamento, propor a apropriação da paisagem para um Parque Urbano.

## **3. METODOLOGIA**

Do ponto de vista de sua natureza segundo Silva e Menezes (2005) este trabalho é caracterizado como pesquisa aplicada porque envolve verdades e interesses locais, tem como finalidade proporcionar conhecimento para aplicação prática e resoluções de problemas específicos, no caso o destino final da coleta de esgoto por caminhões limpa-fossas. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema de acordo com Silva e Menezes (2005) a pesquisa deste trabalho é qualitativa e quantitativa: qualitativa, pois considera que há uma relação dinâmica entre o ambiente e o sujeito, o meio é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave; quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números e fatos em informações para classificá-las e analisá-las, para que através dos resultados seja possível realizar um projeto adequado. Para Gil (1991) o procedimento metodológico do trabalho aponta o delineamento da mesma, neste caso recorreu-se à pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, e levantamento. Assim o trabalho se processará na seguinte forma desde a revisão da bibliografia existente ao projeto: Definição de Saneamento Básico → Definição e Conceituação de Esgoto Sanitário → Tipos de Esgoto e Tratamentos → Gestão dos Efluentes → Destinação Final (caminhão Limpa Fossa → Fitorremediação → Caracterização da

Área em estudo(Barra do Bugres-MT)→Proposta de Projeto(Parque/Estação de Tratamento de Esgoto- fitorremediação ).

#### **4. SANEAMENTO BÁSICO ESGOTO SANITÁRIO**

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) saneamento pode ser entendido como o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social.

- Mais especificamente, o saneamento básico é entendido como:

O conjunto de ações, entendidas fundamentalmente como de saúde pública, compreendendo o abastecimento de água em quantidade suficiente para assegurar a higiene adequada e o conforto, com qualidade compatível com os padrões de potabilidade; coleta, tratamento e disposição adequada dos esgotos e dos resíduos sólidos; drenagem urbana de águas pluviais e controle ambiental de roedores, insetos, helmintos e outros vetores e reservatórios de doenças” (Borja e Moraes, 2006).

- É sabido que para o consumo humano a água deve ser potável e obedecer a determinados parâmetros físico-químicos e biológicos. Sua potabilidade está atrelada ao saneamento básico, pois pelo ciclo hidrológico as águas residuais voltam para os cursos d’água. A falta de saneamento básico é responsável por contaminar a água doce e inviabiliza-la para consumo humano.

- (...) a matéria orgânica presente nos dejetos ao entrar em um sistema aquático, leva a uma grande proliferação de bactérias aeróbicas provocando o consumo de oxigênio dissolvido que pode reduzir a valores muito baixos, ou mesmo extinguir, gerando impactos na vida aquática aeróbica. Têm-se como outros exemplos de impactos a eutrofização, a disseminação de doenças de veiculação hídrica, agravamento do problema de escassez de água de boa qualidade, desequilíbrio ecológico, entre outros. (SETTI, 1996)

A ausência da rede de saneamento básico desequilibra o ecossistema aquática, ameaça a integridade da saúde do ser humano. Neste sentido, diversas instituições nacionais e internacionais como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) corroboram a estreita relação entre a falta de coleta e tratamento de esgoto com a incidência de doenças de veiculação hídrica, as quais são causadoras de 65% das internações hospitalares de crianças com até 10 anos de idade. Dentre elas as mais comuns são: amebíase, ascaridíase, cólera, diarreias infecciosas, leptospirose, giardíase, esquistossomose, hepatite A e febre tifoide.

O próprio termo já valida sua finalidade, básico. O saneamento básico evita transtornos maiores, como problemas de saúde pública e um possível colapso do meio ambiente e, por conseguinte das futuras gerações.

##### **4.1. Definição e distinção entre os tipos de esgoto**

No Brasil, quando destinado ao tratamento o esgoto é encaminhado para estações de tratamentos de esgotos, as ETARs (Estações de Tratamento de Águas Residuais) ou ETE (Estação de Tratamento de Esgoto). O nome varia de acordo com legislação específica de órgãos governamentais locais que regulamentam sobre a coleta e o tratamento dos efluentes.

Segundo Von Sperling (1996) os aspectos importantes para a seleção de um sistema de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, área onde a estação de tratamento será implantada, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade.

Os métodos de tratamento dividem-se em processos físicos, químicos e biológicos.

- Físicos: Aplicação de forças ou mecanismos físicos (gradeamento, sedimentação, filtração, floculação, etc).
- Químicos: Remoção ou conversão de contaminantes por meio de adição de produtos químicos ou reações químicas (precipitação, adsorção, desinfecção).
- Biológicos: Remoção de contaminantes por meio de atividade biológica (bactérias, algas, plantas).

O tratamento de esgotos é desenvolvido, essencialmente, por processos biológicos, associados às operações físicas de concentração e separação de sólidos. Processos químicos (...) normalmente não são empregados por resultarem em maiores custos operacionais e menor eficiência na remoção de matéria orgânica biodegradável. (PIVELI, 2006).

Von Sperling (1996) classifica o tratamento de esgotos em nível preliminar, primário, secundário e terciário.

#### Preliminar: Remoção dos sólidos grosseiros

No tratamento preliminar os efluentes chegam em forma bruta com sólidos grosseiros (lixo), para isso são utilizados meios de barrar os mesmos, como o gradeamento. Podem ser grades grossas, médias ou finas, sua finalidade é basicamente na proteção de todas as unidades que compõem o sistema de tratamento de esgoto e o corpo receptor (Von Sperling, 1996).

Em relação à areia, utiliza-se a técnica de sedimentação em caixas e sua retirada é feita por desarenadores ou mão de obra humana. Há também uma unidade para a medição de vazão, ou seja, uma calha com dimensão padrão denominada Calha Parshall.

- **Primário:** Remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica.

As conhecidas fossas sépticas quando construídas dentro do padrão adequado são sistemas de tratamento primário individuais. A estabilização ocorre com um determinado tempo porque os sólidos sedimentáveis se acumulam no fundo. Entretanto os elementos patogênicos ainda estão contidos no efluente, por isso a necessidade de tratamento posterior.

Von Sperling (1996) afirma que uma ETE tem tratamento preliminar, mas pode ou não ter tratamento primário, pois depende do sistema adotado e do nível a ser atingido.

- **Secundário:** Remoção de matéria orgânica (dissolvida e em suspensão) e eventualmente nutrientes (fósforo e nitrogênio).

Segundo Von Sperling (1996) a essência do tratamento secundário é a inclusão da etapa biológica, ou seja, por reações bioquímicas de microrganismos, sol, ou vegetação. Após o tratamento secundário a eliminação de DBO pode alcançar 90%.

No nível secundário a gama de opções de tratamento abre. Dentre tantas as principais são:

- Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente - RAFA ou UASB: esta tecnologia promove a decomposição da matéria orgânica pela ação de bactérias anaeróbias contidas num reator. Neste processo a carga orgânica é consumida pelos microrganismos gerando gás metano entre outros. Os gases exalados podem ser queimados ou reutilizados para abastecimento de energia elétrica. Esse processo é complementado com uma unidade de pós-tratamento.
- Lodos Ativados: É um processo de tratamento por biológico e aeróbio, no qual o esgoto bruto do afluente e o lodo ativado (microrganismos em flocos) são misturados intimamente, agitados e aerados por bombas, e após este procedimento o lodo formado é enviado para o



decantador secundário, onde a parte sólida é separada do esgoto tratado, que é direcionado para o curso d'água.

- Lagoas de Estabilização: estas lagoas retêm os esgotos por um intervalo de tempo suficiente para que a matéria orgânica se estabilize por meio da ação de algas e bactérias. As lagoas de estabilização podem ser: facultativas, anaeróbias, de sedimentação ou aeradas. A associação entre os distintos modelos, em série, ou sua utilização como pós-tratamento de outros sistemas é muito vantajosa e altamente profícua em termos de redução de carga orgânica poluente.

Para Medeiros (2009), o processo de tratamento através de lagoas de estabilização é uma ótima opção para o tratamento de lodos sépticos no Brasil. Este tratamento é indicado para locais com disponibilidade de área e temperaturas elevadas, além de ter operação simples, pouca necessidade de equipamentos e redução do custo final.

- Wetlands ou alagados construídos: Consiste no uso da vegetação em sistemas de alagados construídos. Exerce poder de purificação através do processo denominado fitorremediação. Esse sistema tem origem nos ecossistemas naturais que são inundados o ano todo ou sazonalmente, como as várzeas dos rios, os igapós na Amazônia, os pântanos, os manguezais, entre outros.

Segundo a empresa NaturalTec nas raízes de plantas existe população microbianas benéficas que digerem a poluição decompondo-a em produtos assimiláveis e sem odor. As plantas levam oxigênio às raízes e às bactérias ali existentes o que acelera o processo. Os wetlands podem consistir na técnica adotada para tratamento secundário e terciário.

Esta técnica apresentada será conciliada com outras etapas de tratamento prévios e dará partido ao projeto, portanto será abordada posteriormente.

**Terciário:** Remoção de poluentes específicos e remanescente carga orgânica (serve para maior polidez do efluente).

No tratamento terciário, ou também chamado pós tratamento, os poluentes tóxicos, não biodegradáveis e aqueles restantes do tratamento secundário são removidos. Esta etapa pode ser realizada por:

- Lagoas de Maturação: são lagoas com menor profundidade onde a penetração da radiação solar ultravioleta e as condições ambientais causam uma elevada mortalidade dos organismos patogênicos, bem como a remoção de sólidos em suspensão e nutrientes. Geralmente a profundidade não é maior que 1,0m.

- Filtro Anaeróbio: neste sistema o esgoto escoar através de um leito preenchido com material inerte grosseiro como seixos, ripas ou material plástico. As bactérias existentes no esgoto aderem-se a estes materiais, formando uma película fixa. É no contato do esgoto com a película que ocorre o tratamento.

- Escoamento Superficial: este processo funciona por meios naturais, no qual o esgoto lançado na parte alta do solo percorre toda a extensão do terreno, criando condições para o desenvolvimento de uma microfauna que promove a remoção da matéria orgânica e a retenção dos sólidos em suspensão. Durante a percolação uma parte do esgoto evapora-se, outra parte infiltra-se no solo; e a restante é coletada em canais situados na parte inferior do terreno.

Existem diversas formas de tratamento para o esgoto: elas podem ser individuais ou conjuntas. A escolha cabe, portanto a compatibilidade do local, tipo de efluente, padrão do corpo receptor, viabilidade e objetivo.

#### **4.2. Gestão dos Efluentes: a terceirização do serviço de coleta de esgotamento sanitário e sua disposição final**

Como o panorama atual do esgotamento sanitário aponta a maioria das cidades brasileiras não está servida por rede coletora de esgoto e tão pouco tratamento para seu destino final.

Assim o sistema de esgotamento sanitário adotado pela população onde a rede coletora de esgoto não está implantada se restringe a sumidouros ou fossas sépticas (raro). Entretanto tais sistemas possuem limite de capacidade para os efluentes gerados nas residências, comércios, instituições ou indústrias. Quando esses sistemas ficam saturados a população é obrigada a recorrer a serviços terceirizados de remoção, mais comumente conhecidos como caminhões limpa-fossas.

#### **4.3. Legalidade dos Caminhões limpa fossas**

Para as empresas que realizam a remoção dos efluentes domésticos dos sumidouros ou fossas sépticas é necessário apresentar documentação legal como licitação e alvará emitido pelos órgãos competentes, tais variam de acordo com o município ou estado.

Em Mato Grosso, segundo a Resolução CONSEMA Nº 85 DE (2014) os serviços de coleta e transporte de efluentes de fossas sépticas (limpa fossa) possui potencial poluidor alto. Portanto devem apresentar três licenças: prévia, instalação e operação. Ambas estão disponíveis para download no site da referida secretaria.

Porém, a maioria das empresas limpa fossas atua à margem da ilegalidade seja por desconhecimento, por não atender os requisitos exigidos ou até mesmo pela morosidade do sistema. Geralmente estas empresas responsáveis pela coleta de esgoto não dispõe de nenhum tipo de sistema de tratamento, o efluente coletado é lançado em ETE municipal, em casos graves, diretamente nos cursos d'água.

Identificar o destino final da remoção dos caminhões limpa-fossas e ofertar um tratamento adequado, visto que é uma atividade recorrente, é de suma importância para a qualidade de vida da população e do planeta.

### **5. INFRAESTRUTURA VERDE: RESILIÊNCIA PARA O AMBIENTE URBANO**

No cenário atual mundial está disseminada a preocupação da sobrevivência do ser humano e a manutenção do meio ambiente, bem como a conscientização global referente às condições de ocupação e utilização do nosso planeta. Nessa perspectiva surge o conceito de desenvolvimento sustentável.

O Relatório Brundtland (1987) publicado em 1987 pela World Commission on Environment and Development definia desenvolvimento sustentável como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações vindouras satisfazerem as suas próprias necessidades. desenvolvimento com capacidade de suporte.

O conceito da infraestrutura verde vai ao encontro ao compromisso com a sustentabilidade. O conceito é coerente perante a contribuição para a resiliência das cidades e dos ecossistemas, pois busca serviços e usos através da paisagem urbana para mitigar os efeitos negativos do modelo de desenvolvimento urbano atual.

A infraestrutura verde emerge dos princípios da ecologia da paisagem, tendo em sua essência eixos como estrutura, função e mudança. Tal conceito consiste em redes multifuncionais com a presença de vegetação que se inter-relacionam com a paisagem urbana e tem como princípio fundamental reconstituir os processos naturais e culturais que certifiquem uma vida sustentável para os cidadãos.

### **5.1. Sistema de Espaços Verdes como Infraestrutura Urbana para Esgotamento Sanitário**

A multifuncionalidade da paisagem nos oferece a possibilidade de infraestrutura verde, aliando paisagens urbanas com o propósito de tratamento dos efluentes domésticos. Esta associação -entre infraestrutura e áreas verdes- se torna altamente proficiente para a situação do esgotamento sanitário no Brasil e no mundo.

Consoante ao tratamento de esgoto aliado a áreas verdes o sistema comumente conhecido como wetland ou alagados construídos apresenta eficiência e viabilidade econômica. Segundo Bonzi (2014) tais são sistemas biomiméticos, isto é, sistemas sintéticos inspirado na natureza, e tais podem colaborar significativamente na constituição de uma infraestrutura verde urbana.

Sistemas de tratamento de efluentes através da vegetação e munidos de valores paisagísticos, são espaços multifuncionais onde a simbiose entre paisagem, sustentabilidade e infraestrutura urbana gera espaços configurados como importantes peças de infraestrutura verde. Sistemas construídos que utilizam a fitorremediação são capazes de ofertar ao espaço urbano serviços de infraestrutura (tratamento de esgoto), lazer, conservação da biodiversidade e principalmente fomentar a questão da educação ambiental em todos os cidadãos.

## **6. FITORREMEDIAÇÃO: A UTILIZAÇÃO DE MACRÓFITAS AQUÁTICAS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO**

### **6.1. A fitorremediação**

A fitorremediação é uma técnica de descontaminação em que se utilizam plantas para remover poluentes do ambiente ou transformá-los em formas menos perigosas para os seres vivos. (Salt et al, 1998 apud Divensi et al.).

Segundo a EMBRAPA (201-?) o uso do termo phytoremediation (phyto = vegetal + remediation = remediação) é recente, o mesmo foi apresentado no ano de 1991 para definir o uso de vegetais e dos microorganismos a eles associados como instrumento para contenção, isolamento, remoção ou redução das concentrações de substâncias contaminantes em meio sólido, líquido ou gasoso.

Procópio et. al (2009) divide a fitorremediação em oito processos: fitoextração, fitoacumulação, fitodegradação, fitovolatilização, fitoestimulação, rizodegradação, rizovolatilização e rizoestabilização. No que tange ao tratamento de efluentes domésticos ocorrem basicamente os processos de: Fitovolatilização ,Remoção dos poluentes e subsequente lançamento para a atmosfera, Fitodegradação ,Quebra dos poluentes pelo metabolismo da planta, Fitoextração ,Extração dos contaminantes do solo pela planta; Rizodegradação;Degradação dos contaminantes por microorganismos da rizosfera.

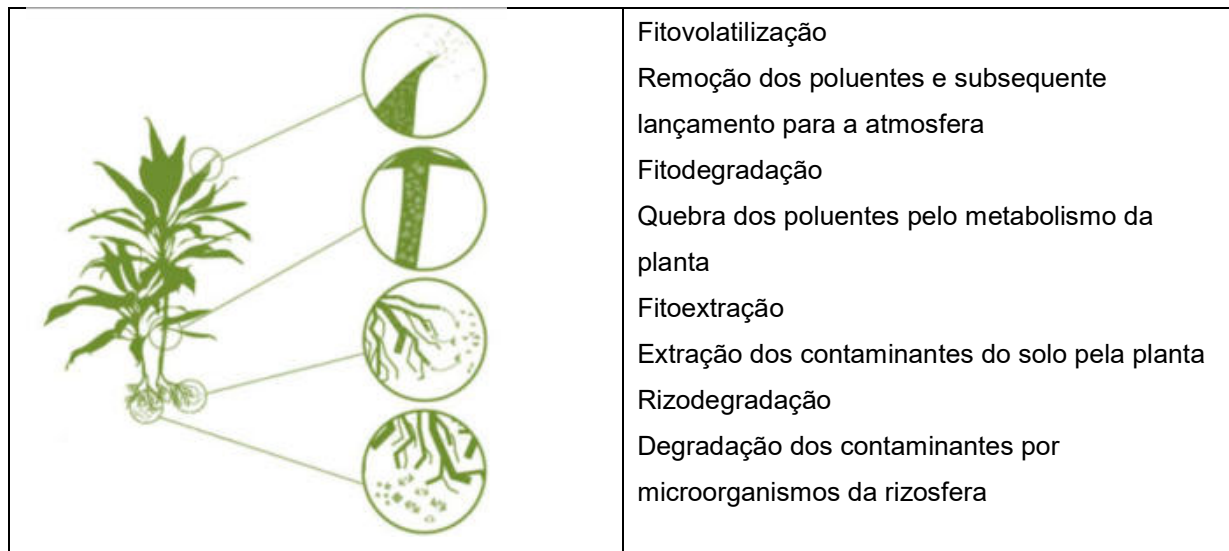


Figura 2 : Processos Fitorremediação

Segundo Procópio et al. (2009) as principais potencialidades na utilização da fitorremediação são:

- Menor custo em relação às técnicas tradicionalmente utilizadas;
- O emprego de plantas é mais favorável esteticamente do que qualquer outra técnica de tratamento;
- Utiliza energia solar (crescimento das plantas) para realizar os processos de descontaminação;

Apresenta alto índice de aceitação pública

Procópio et al. (2009) aponta as principais limitações: clima e condições edáficas que podem restringir o crescimento da vegetação –não é o caso do Mato Grosso-; necessidade de manejo intermitente e demanda de grande área para implantação.

## 6.2. Os Wetlands como forma de tratamento de esgoto sanitário

Segundo Zanella (2008) o sistema construído que possui este tipo de processo recebeu variadas denominações, como: terras úmidas, wetlands, zona de raízes, zonas úmidas, leitos cultivados, jardins filtrantes, entre outros.

Von Sperling (2005) aponta que essas estruturas consistem em lagoas, jardins ou canais rasos e podem ser caracterizados pelo tipo de fluxo, sendo eles:

- Fluxo vertical: consiste tipicamente em um filtro de areia ou cascalho, plantado com vegetação. Sua operação se assemelha a rotina de um filtro, com ciclos de dosagem e drenagem. Esse tipo de fluxo é o adotado para a proposta e melhor abordado no capítulo 5. (Von Sperling, 2005).
- Fluxo Horizontal Superficial: Nessa configuração os wetlands construídos assemelham-se aparentemente com áreas alagadas naturais, contendo plantas aquáticas enraizadas e/ou flutuantes. (Von Sperling, 2005).
- Fluxo horizontal subsuperficial: Nesta configuração a wetland não se assemelha a áreas alagadas naturais. O sistema contém um leito composto de pequenas pedras, cascalho, areia ou solo, dando suporte ao crescimento de plantas aquáticas. O nível da água permanece abaixo da superfície do leito, enquanto o efluente escoar entre as raízes das plantas aquáticas. (Von Sperling, 2005).

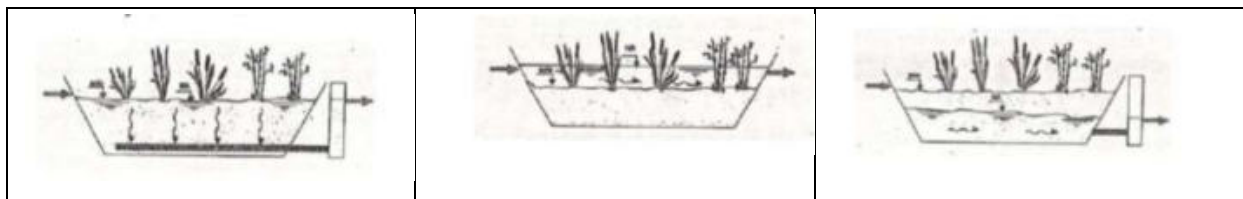


Figura 3 : Fluxo vertical

Fluxo horizontal superficial

Fluxo Horizontal Subsuperficial

### 6.3. Macrófitas Aquáticas

Para a fitorremediação é necessária a utilização de plantas que possuam determinadas características como: boa capacidade de sorção<sup>19</sup>; sistema radicular<sup>20</sup> profundo e denso; acelerada taxa de crescimento e produção de biomassa; fácil colheita; grande resistência ao poluente, pragas e doenças; adaptabilidade ao local a ser remediado; fácil controle ou erradicação posterior e, quando necessário, facilidade na remoção das plantas da área contaminada (Pilon-Smits, 2005 apud Procópio et al, 2009).

Essas espécies requerem altas concentrações de nutrientes como o nitrogênio e o fósforo (presentes no esgoto). As plantas macrófitas aquáticas constituem, em sua grande maioria, vegetais com grande capacidade de adaptação a diferentes tipos de ambientes, e mesmo absorvendo cargas poluentes sobrevivem por não serem bioacumuladoras.

Dentro do sistema wetland, segundo Salati et. al (2009) são utilizadas:

-Macrófitas aquáticas emergentes (emersas): plantas enraizadas no solo com folhas que emergem para fora d'água. Ex.: Typha (taboa), Echinodorus, Eleocharis, etc.

- Macrófitas aquáticas flutuantes: plantas não enraizadas no solo com folhas flutuando na superfície da água. Esses canais podem conter apenas uma espécie ou um conjunto delas. Ex: Salvinia auriculata (salvinia/mururé carrapatinho) e Eicchornia crassipes (aguapé), que possui grande capacidade de crescimento vegetativo.

- Macrófitas aquáticas submersas: Estas espécies podem ser divididas em enraizadas (ex: Egeria densa (elódea), Mayaca sp.) e livres ( submergidas livremente na água ou presas em outras macrófitas, ex: Utricularia sp.) (Probio, 2008). Estas macrófitas quando são expostas ao sol geralmente seus tecidos fotossinteticamente ativos são destruídos.

Para a fitorremediação eficaz dos efluentes domésticos a escolha ideal é a espécie que mais reúne características fisiológicas e morfológicas. Devido as particularidades de cada espécie é adequado que várias tipos de macrófitas sejam usadas em um mesmo local, ao mesmo tempo ou subsequentemente, para promoverem maior descontaminação (Procópio et. al, 2009).



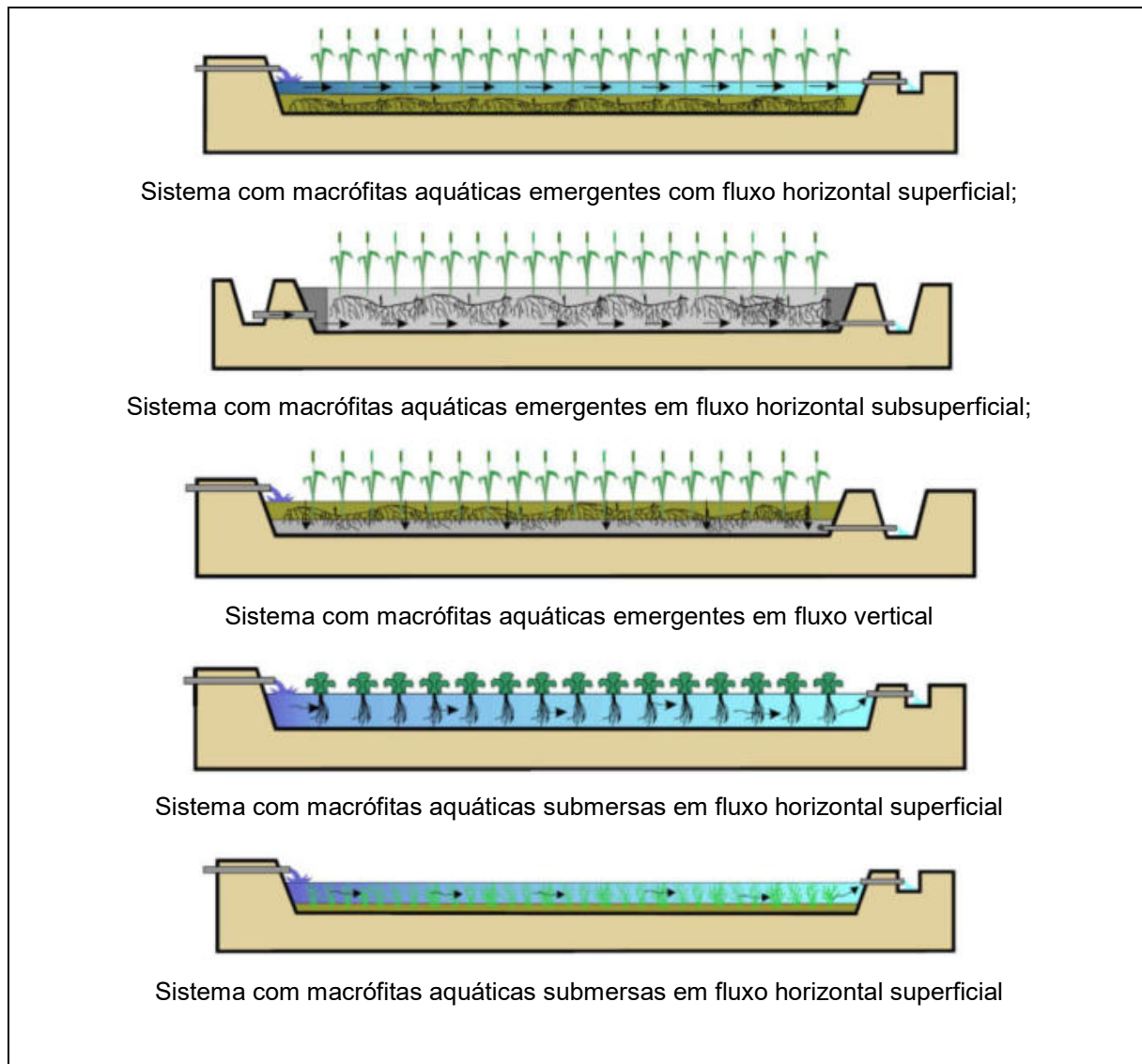


Figura 4 : Sistemas com as opções de uso de macrófitas

#### 6.4. Destino final dos resíduos:Areia, Lodo e Biomassa

O primeiro princípio do design ecológico é que “resíduo é igual a alimento”. O maior conflito entre ecologia e economia, deriva-se do fato de que os ecossistemas naturais são cíclicos, não geram nenhum resíduo excedente, enquanto nossos sistemas industriais são lineares, descartam resíduos tanto na produção, como no consumo. (Capra, 2004).

O final do tratamento de esgoto gera grande quantidade de resíduos sólidos, como lodos, areias e materiais mais grosseiros (retidos no gradeamento). A frequência de remoção dos resíduos varia de acordo com condições climáticas e tipos de sistema de tratamento.

Para a areia retida nas caixas de areia, um destino alternativo e viável é sua recuperação para a construção civil, que através de processos de limpeza podem ser reutilizadas.

Quanto ao lodo Pegorini (1999) aborda que o reaproveitamento para uso agrícola e florestal demonstra ser a melhor opção de reuso do lodo, pois reduz a exploração de recursos naturais para fabricação de fertilizantes e proporciona melhores resultados econômicos, desde que a qualidade seja assegurada e obedecida as exigências da Resolução Conama 375/2006 (BRASIL, 2006)

No caso do tratamento de efluentes domésticos pelo sistema de wetlands o volume de biomassa (resíduos sólidos vegetais) gerado é grande devido ao manejo (poda/eliminação)

constante das macrófitas aquáticas utilizadas. Para este tipo de resíduo o uso para fertilização de culturas é da mesma forma válido, desde que sejam encaminhadas para compostagem.

A biomassa (vegetação removida) resultante do tratamento de esgoto contém vários dos macro e micronutrientes necessários às plantas e é rico em matéria orgânica, fazendo com que sua aplicabilidade se torne extremamente eficiente na produtividade das culturas reduzindo a utilização de fertilizantes industriais e diminuição dos custos de adubação. Este processo final é de responsabilidade da unidade geradora (ETE), que pode por conta própria processar e destinar os resíduos aos aterros sanitários, indústrias recicladoras ou plantações; ou contratar empresas do ramo terceirizadas.

Tal fato pode ser comprovado em uma das análises correlatas que será abordada no próximo capítulo, assim como outros bons exemplos e resultados da solução escolhida: fitorremediação.

## **7. ESTAÇÃO DE TRATAMENTO PARA BARRA DO BUGRES**

Barra do Bugres é um município do estado de Mato Grosso que dista 170 km da capital Cuiabá. Possui uma população com pouco mais de 32 mil habitantes. Parte da população não é servida com rede coletora de esgoto, acarretando assim na necessidade de serviço terceirizado quando seus reservatórios (sumidouros ou fossas) saturam. Em Barra do Bugres há somente uma empresa prestadora de serviço de coleta de efluentes.

A ETE Ecológica que se encarregará do tratamento desses efluentes será implantada no núcleo urbano, pois o sistema adotado não gera odores desagradáveis e será apropriada para um parque urbano, devendo assim ter localização de fácil acesso para os cidadãos. O parque será de extrema importância do tocante social, pois os moradores dos bairros próximos são em sua maioria de classe econômica média baixa ou baixa. Nesta região urbana a população é desprovida de equipamentos comunitários, e o Parque proporcionará a melhora da qualidade de vida da cidade e principalmente desses moradores.

A ETE municipal existente encontra-se desativada, mas perante ao projeto proposto ela se torna uma condicionante para a escolha do terreno pois caso ocorra futuramente aumento da demanda de capacidade do sistema a mesma poderia passar por intervenção e ser incorporada ao sistema proposto.

O entorno do terreno está na borda da área urbana de Barra do Bugres, que consiste basicamente em área residencial e lotes caracterizados como chácaras. O acesso ao terreno pode ser feito pela Rua Brilhante e a Rua Diacuí



Figura 5 : implantação geral do parque com estação de tratamento de esgoto em Barra do Bugres



Figura 6 : Perspectivas do parque com estação de tratamento de esgoto em Barra do Bugres





Figura 7 : Especificação paisagística do Parque da Estação de Tratamento

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se a importância de um destino final adequado para os efluentes, a importância dos espaços verdes públicos no ambiente urbano e como é possível integrar infraestrutura urbana às áreas verdes. Atendendo todas as legislações vigentes o projeto foi pensado de forma eficiente em sua capacidade de tratar o esgoto, possuir um partido paisagístico arrojado e, ser principalmente um equipamento urbano funcional para uma área deficitária de espaços públicos. O resultado é um projeto inovador, não agressivo ao meio ambiente e adequado para o convívio urbano, recreação e integração comunitária. Todos os elementos do parque, desde os de infraestrutura urbana (wetlands), os paisagísticos (ex: corredor primavera) e os arquitetônicos aproximam o usuário ao meio natural e visão do entorno, e resultado do parque é que para onde o cidadão lance o olhar a paisagem seja bela e desfrutável. O resultado é um equipamento público de infraestrutura verde funcional e social, onde a vida essencialmente urbana pode ser refugiada e ao cidadão ser proporcionado verdadeiros espaços democráticos, sem distinções de usuários. Portanto o Trabalho de Conclusão de Curso além de resultar num projeto profícuo, proporcionou ensinamentos tanto para a vida acadêmica, quanto para a profissional. E tem por final o intuito de servir como material de pesquisa para estudantes e profissionais que tiverem interesse à temática de infraestrutura verde.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONZI, Ramón Stock. *Emerald Necklace – Infraestrutura Urbana Projetada como Paisagem*. Revista LABVERDE n°9 – Artigo n°06. São Paulo: FAUUSP. 2014.
- BORJA, Patrícia; MORAES, Luiz Roberto Santos. *Revisitando o conceito de Saneamento Básico no Brasil e em Portugal*. *Politécnica – Revista do Instituto Politécnico da Bahia*, n.20-E, ano 7, p. 5-11, jun. 2014.

- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado / Fundação Nacional de Saúde – Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010.*
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução Nº 375 , de 29 de agosto de 2006
- CAPRA, Fritjof. *A Teia da Vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. Tradução Newton Roberval Eicheberg. São Paulo: Cultrix, 1996. 256 p. Título Original: The Web of Life: A new scientific understanding of living systems. Tradução: Newton Roberval Eicheberg.*
- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Relatório Brundtland. Oxford University Press. 1987. 383 p.*
- Conselho Estadual de Meio Ambiente. Resolução CONSEMA Nº 85. 24 de setembro de 2014.
- DIVENSI, Helizabett Fernanda do; LIMA, Sônia Barbosa; SOUZA, Débora Cristina de. *Tratamento de efluentes com altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes utilizando macrófita aquática. V Encontro de Produção Científica e Tecnológica. 2010*
- EMBRAPA. *Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas. Disponível em; < <https://www.embrapa.br/busca-de-produtos-processos-e-servicos/-/produto-servico/1073/fitorremediacao-de-solos-com-residuos-de-herbicidas>>. Acesso em 14 de outubro de 2015.*
- GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991*
- MEDEIROS, D. D. V. *Avaliação da Eficiência de lagoas de estabilização no tratamento de resíduos esgotados de fossas sépticas. Natal, 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte*
- PEGORINI, E.S. et al. *Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Curitiba: SANEPAR, 1999. 92p.*
- PIVELI, R. P. . *Tratamento de Esgotos Sanitários. 2006. (Curso de curta duração ministrado/Extensão).*
- PROCÓPIO S.O.; PIRES, F.R., SANTOS, J.B., SILVA, A.A. *Fitorremediação de solos com resíduos de herbicidas. Aracaju: EMBRAPA. Tabuleiros Costeiros, 2009*
- ROGERS, Richard. *Cidades para um pequeno Planeta. 1.ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.*
- SALATI, Eneas; SALATI, Eneas Filho; SALATI, Eneida. *Utilização de Sistemas de Wetlands Construídas para Tratamento de Águas. Piracicaba.2009.*
- SETTI, A.A. *A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos. Brasília: IBAMA, 1996, p.57 – 64.*
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4. ed. Florianópolis, 2005.*
- VON SPERLING, M. *Princípios básicos do tratamento de esgotos – Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. V.2. 1996.*
- VON SPERLING, M. *Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484p.*
- VON SPERLING, Marcos. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005*
- ZANELLA, L. *Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: Wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 2008. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2008. 219 p.*



# INCORPORAÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO RECICLADO EM COMPÓSITO DE CONCRETO

Gabriela Tavares Santiago ([gtsantiago@ucs.br](mailto:gtsantiago@ucs.br)); Iago Pelegrini ([ipelegrini@ucs.br](mailto:ipelegrini@ucs.br)); Matheus Vosgnach ([mvosgnach@ucs.br](mailto:mvosgnach@ucs.br)); Mára Zeni ([mzandrad@ucs.br](mailto:mzandrad@ucs.br)); Vinicio Cecconello ([vceconello@ucs.br](mailto:vceconello@ucs.br))

Universidade de Caxias do Sul (UCS) - Brazil

**Palavras chave:** Polipropileno; Reciclagem; Concreto; Construção civil.

*A produção de resíduos poliméricos sem o descarte adequado servem de base para pesquisas voltadas para a reutilização desses materiais na construção civil, que se destaca pela reutilização de resíduos em processos produtivos que buscam reduzir custos e preservar recursos naturais não renováveis. Neste artigo, as propriedades entre um concreto convencional e um concreto com fibras de PP pós-consumo são comparadas, injetadas para aumentar a resistência mecânica no compósito. Os ensaios de compressão axial, compressão diametral e resistência à flexão foram realizados. Utilizando uma relação água-cimento de 0,53 e um teor de argamassa de 55%, as fibras produzidas a partir de materiais reciclados apresentam potencial para uso na construção civil para elementos que não exigem alta resistência.*

## 1. INTRODUCTION

A reciclagem de materiais poliméricos destaca-se como um promissor campo socioeconômico, o qual apresenta crescente demanda por produtos e por apelos ambientais. O destino de resíduos poliméricos para outras finalidades que não sejam os aterros sanitários caracteriza-se como uma importante medida de valorização de resíduos e aproveitamento de materiais como matéria prima.

Embora pouco empregados no Brasil, o uso de argamassas e concretos contendo fibras poliméricas vêm sendo largamente ampliado nos países desenvolvidos, com efeitos benéficos para a melhoria da qualidade e do desempenho das construções de um modo geral, abrindo um novo campo de aplicação na Construção Civil.

O emprego de fibras de polipropileno (PP) como elementos de reforço no concreto vem tornando-se crescente nos últimos anos. No plano econômico, o aumento do uso de fibra polimérica se justifica não apenas pelo baixo custo, mas também pela fácil disponibilidade do produto. O compósito de concreto com a incorporação de fibras de PP reciclado evidencia o ganho na resistência à tração, resistência química e resistência ao fogo, conforme descrito por Piazza et al. (2017).

Assim, este trabalho tem como objetivo comparar as propriedades do concreto convencional com compósito de concreto com a incorporação de fibras de PP pós-consumo.

## 2. METODOLOGIA

Para o presente estudo, os resíduos de PP são obtidos da reciclagem em forma de *pellets*, foram extrasados, em uma extrusora monorosca marca Seibt ES-35FR, com perfil de temperatura de 140 a 160°C, assim obtendo-se as fibras com espessura média de 2,22 mm. Elas foram cortadas com comprimento de 4 cm (Fig. 1) pois as fibras devem ter, pelo menos, o comprimento de duas vezes a dimensão máxima do agregado graúdo conforme Figueiredo (2000).



Figura 1 – Fibras de PP extrusadas com 4 cm de comprimento

A caracterização dos materiais foi feita em triplicata, através dos ensaios de granulometria, massa unitária e massa específica, esses ensaios seguiram as diretrizes das ABNT NBR7211:2005, ABNT NBR NM 45 e ABNT NBR NM 52, respectivamente. Assim, o compósito foi desenvolvido utilizando o traço de 1:2,3:2,7, com a relação água cimento (a/c) de 0,53 e teor de argamassa de 55%. Os ensaios foram realizados utilizando corpos de prova do concreto sem incorporação da fibra polimérica e com teores de 0,9, 1,8 e 2,7 kg.m<sup>-3</sup>.

A mistura foi realizada em uma betoneira de 200 litros de capacidade, os materiais foram adicionados na seguinte ordem: brita, 1/3 do total de água, cimento CPIV-32, 1/3 do total de água, areia média, o restante d'água junto com 0,3% da massa do cimento de aditivo super plastificante Glenium 51 e por fim as fibras de polipropileno recicladas - FPR.

Após o processo de preparação foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone, segundo a norma ABNT NBR NM67:1998, com abatimento previsto de 100 ± 20mm. Segundo a norma ABNT NBR 5738:2015, foram moldados 10 corpos de prova de 10x20cm, e, após, foram moldados mais 4 corpos de prova de 50x15x15cm. Após 24 horas os corpos de prova foram desmoldados e colocados em cura submersa com hidróxido de cálcio até as idades de rompimento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela 1 encontram-se os resultados obtidos para os ensaios de massa unitária e massa específica realizados para os agregados utilizados, também, para o cimento CPIV foi encontrada uma massa específica de 2,83 g.cm<sup>-3</sup> e módulo de finura de 0,12%, segundo ABNT NBR 11579:2012.

Tabela 1 – Caracterização dos materiais

MATERIAL	MASSA UNITÁRIA (KG.M <sup>-3</sup> )	MASSA ESPECÍFICA (G.CM <sup>-3</sup> )
Areia média	1547,43	2,62
Brita I	1365,55	–

Para o ensaio de granulometria dos agregados foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 2, dessa forma, foram obtidos para a areia média um módulo de finura de 1,53 e diâmetro máximo de 1,2mm, já a brita contém módulo de finura de 4,61 e diâmetro máximo de 19mm.

Tabela 2 – Granulometria dos agregados

GRANULOMETRIA – AREIA MÉDIA			
Peneiras (abertura em mm)	Massa retida da amostra (g)	% retido	% retido acumulado
4,8	0,47	0,09	0,09
2,4	3,69	0,74	0,83
1,2	17,71	3,55	4,38
0,6	40,98	8,21	12,59
0,3	159,71	31,99	44,58
0,15	228,09	45,69	90,27
FUNDO	48,58	9,73	100,00

GRANULOMETRIA – BRITA I			
Peneiras (abertura em mm)	Massa retida da amostra (g)	% retido	% retido acumulado
19	14,05	0	0
12,5	640,34	67,14	67,14
9,5	291,84	27,01	94,15
6,3	52,40	5,72	99,87
4,8	0,32	0,00	99,87
2,4	0,00	0,00	99,87
FUNDO	1,16	0,10	99,98

Dessa forma, no estado fresco do concreto foi realizado o ensaio de abatimento de tronco de cone os valores obtidos são apresentados no gráfico 1 e estão em conformidade com o esperado do concreto convencional sem adição de fibra.

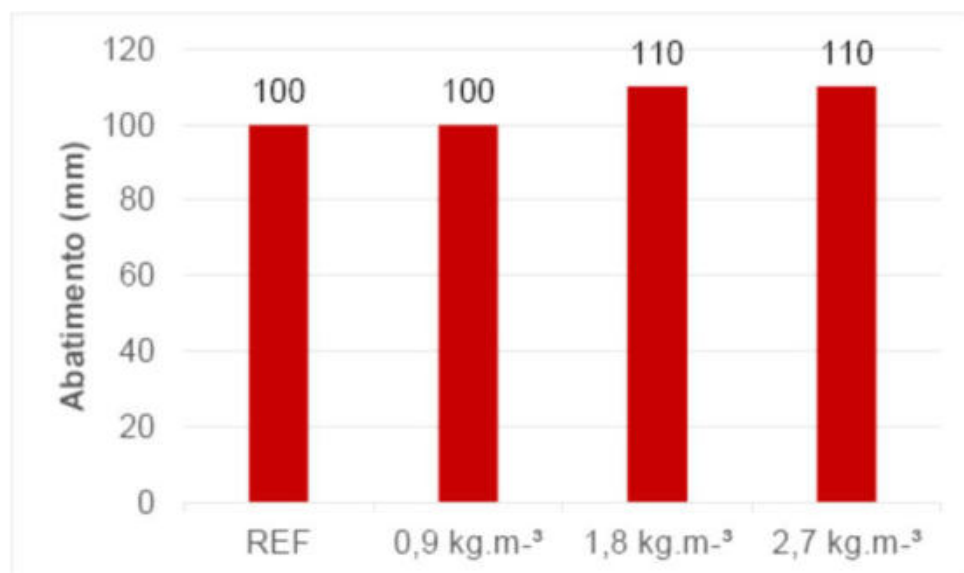


Figura 2 – Resultados do ensaio de abatimento de tronco de cone

Podemos avaliar que a produção de concretos com adição de FPR não afetou a trabalhabilidade das misturas, isso para os diferentes teores analisados. Na figura 3 são apresentados os valores de resistências à compressão axial aos 7 e 28 dias, realizadas conforme norma ABNT NBR 5739:2007.

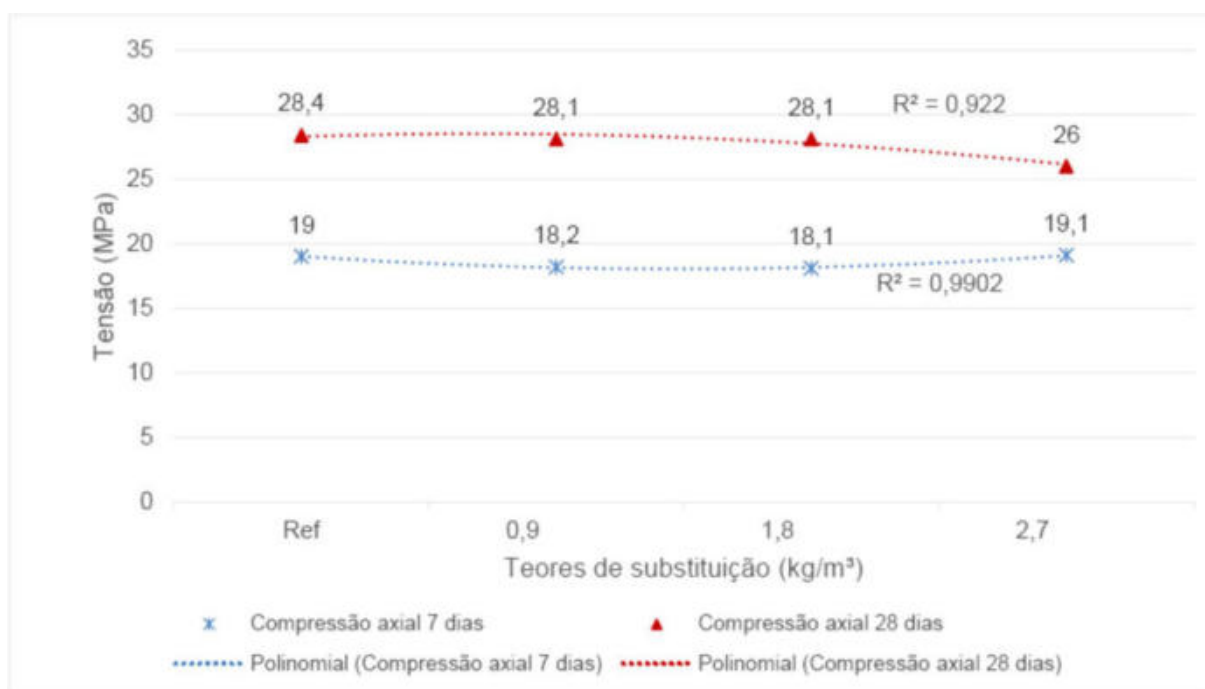


Figura 3 – Ensaio de compressão axial dos compósitos

No estado endurecido, as resistências à compressão aos 7 dias, referente as dosagens de 0,9 e 1,8 kg.m<sup>-3</sup> obtiveram uma perda de 4,2 e 4,74% de resistência e a dosagem 2,7 kg.m<sup>-3</sup> um aumento de 0,53%, respectivamente em relação ao traço referência conforme Fig.3. Aos 28 dias, as dosagens de 0,9 e 1,8 kg.m<sup>-3</sup> tiveram uma perda de 1,06% de resistência, enquanto a dosagem 2,7 kg.m<sup>-3</sup> apresentou uma redução de 8,45% de resistência.

Ainda a Figura 3 apresenta um comportamento similar no desenvolvimento da resistência a compressão ao longo das adições para as diferentes idades, apresentando um coeficiente de determinação próximo. De uma maneira geral nota-se a redução da resistência a compressão ao passo que são adicionadas as FPR.

Na figura 4 são apresentados os valores de resistência à tração na flexão, segundo norma ABNT NBR 12142:2010.

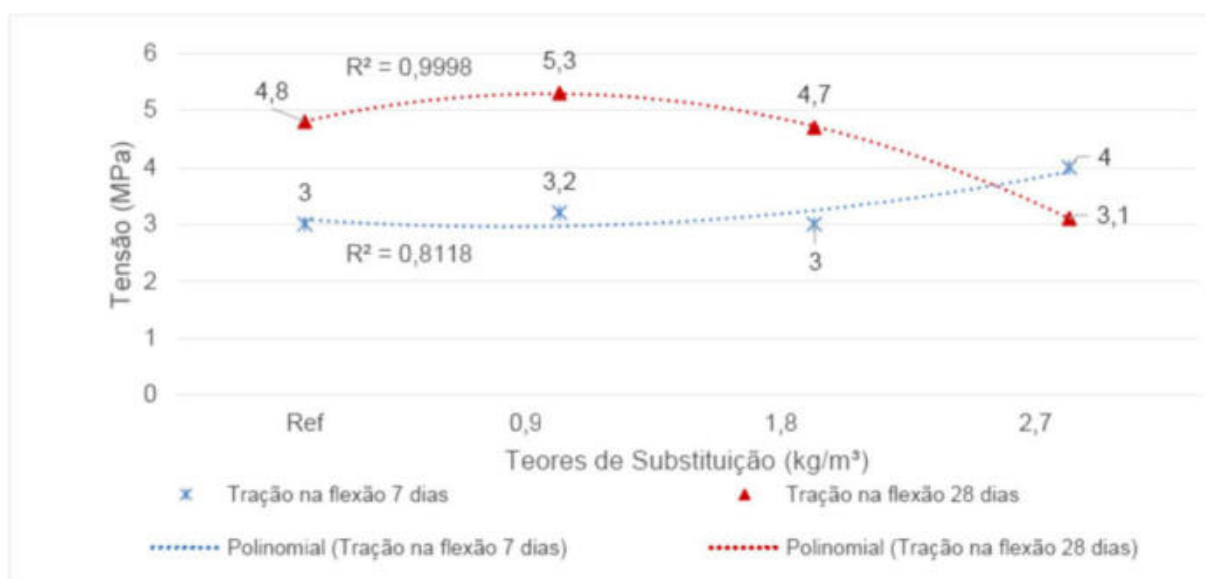


Figura 4 – Ensaio de tração na flexão dos compósitos

Os resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão aos 7 dias, referentes às dosagens de 0,9 e 2,7 kg.m<sup>-3</sup> foram positivos, houve aumento de 6,67% de resistência no traço de 0,9 kg.m<sup>-3</sup> e de 33,33% no de 2,7 kg.m<sup>-3</sup> em relação ao traço referência (Fig.4), enquanto no ensaio de tração por flexão na dosagem de 0,9 kg.m<sup>-3</sup> aos 28 dias, houve um ganho de 10,42% de resistência, porém nas dosagens de 1,8 e 2,7 kg.m<sup>-3</sup> também aos 28 dias, houveram perdas de 2,08 e 35,42% de resistência, respectivamente.

A figura 5 apresenta os valores da resistência à tração na compressão diametral, segundo norma ABNT NBR 7222:2011.

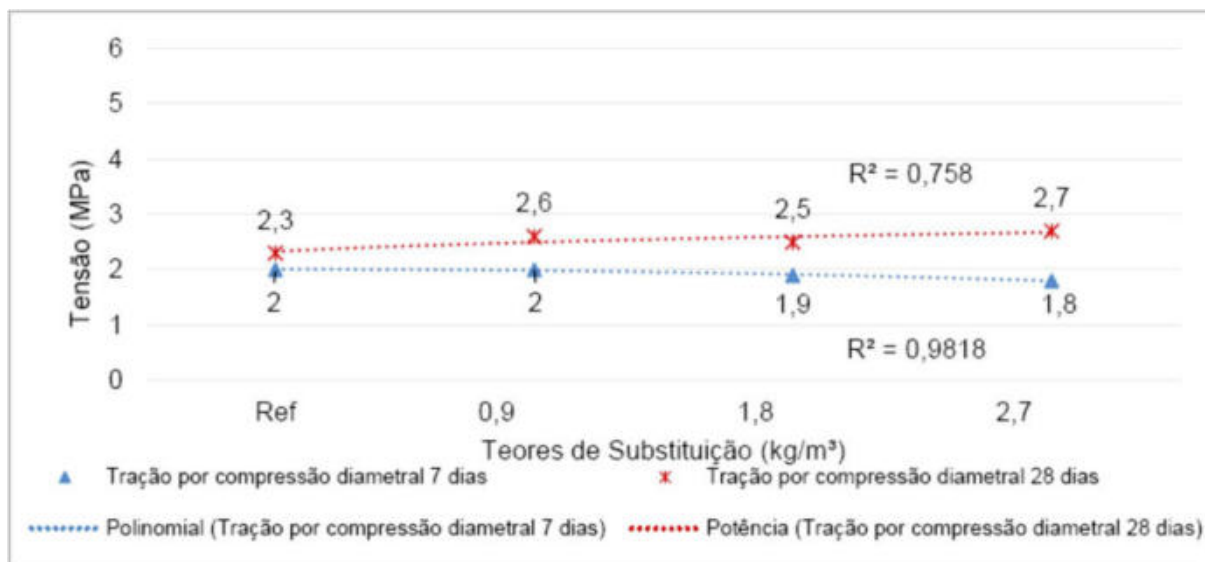


Figura 5 – Ensaio de tração por compressão diametral

Com relação ao ensaio de resistência à tração na compressão diametral, houve apenas mudança no traço de 1,8 e 2,7 kg.m<sup>-3</sup>, onde perdeu 5% e 10% de resistência respectivamente, em relação aos outros dois traços (Fig.5). Aos 28 dias, referente as dosagens de 0,9, 1,8 e 2,7 kg.m<sup>-3</sup> no ensaio de tração por compressão diametral, houve um ganho de 13,04, 8,7 e 17,39% respectivamente de resistência.



Figura 6 e 7 – Corpos de prova pós rompimento do compósito pelo ensaio de tração na flexão.

As figuras 6 e 7 apresentam corpos de prova submetidos ao ensaio de tração na flexão, nesta imagem é possível avaliar a distribuição da fibra na amostra. Essa é uma das principais dificuldades de se trabalhar com fibra nos concretos uma vez que não se garante a homogeneidade de distribuição da fibra no interior da amostra e nem mesmo o sentido de acomodação.



#### 4. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, observa-se que a medida que houve aumento do teor de fibras poliméricas ao concreto, não houve perdas de trabalhabilidade e consistência do compósito. Ao realizar comparação com os ensaios de compressão axial, conclui-se que nos traços onde houve a adição de fibra, menores resistências foram obtidas quando comparados ao concreto referência. Os resultados dos ensaios de tração por flexão foram satisfatórios, com exceção do teor  $2,7\text{kg.m}^{-3}$  aos 28 dias, onde houve perda de resistência. Os valores dos ensaios de tração por compressão diametral aos 7 dias tiveram resistências baixas, entretanto aos 28 dias todos eles obtiveram resistências superiores ao concreto referência.

Ao termino desta etapa podemos avaliar que a adição de fibras recicladas, FPR, no concreto tem grande potencial, uma vez que elas melhoram a resistência a tração do compósito contribuindo para um conjunto de ações. Sabe-se que para trabalhos futuros deve-se avaliar a interação entre a fibra e os componentes do concreto, a homogeneidade quanto a sua distribuição e os efeitos referente a durabilidade do material.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FIGUEIREDO, Antônio Domingues de *Concreto com fibras de aço/A.D. de Figueiredo*. -- São Paulo: EPUSP, 2000. 68 p. --(Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/260)
- FIGUEIREDO, Antonio Domingues de; TANESI, Jussara; NINCE, Andréia Azeredo. *Concreto com fibras de polipropileno (CFP)*. 2002. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/66/artigo287241-1.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2018.
- GALVÃO, José Carlos Alves. *Uso de materiais poliméricos reciclados em estruturas de concreto para superfícies hidráulicas*. 2010. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência dos Materiais, Engenharia e Ciência dos Materiais - Pipe., Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/tese/041.PDF>>. Acesso em: 27 set. 2018.
- CARASCHI, J.c. et al. *Compósitos de polipropileno reforçado com capim-elefante / grass as reinforcement of polypropylene*. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, [s.l.], v. 9, n. 3, p.236-246, 30 set. 2015. Universidade Estadual Paulista - Campus de Tupa. <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n3p236-246>.
- MONTEIRO, Sergio N. et al. *Propriedades de compósitos de tecido de juta descartado reforçando matriz de polietileno reciclado*. *Matéria (rio de Janeiro)*, [s.l.], v. 11, n. 4, p.403-411, dez. 2006. *FapUNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-70762006000400006>.
- PIAZZA, Diego et al. *Estudo comparativo das propriedades da fibra de polipropileno reciclado pós-consumo para incorporação em concreto. Fase 1 – Caracterização da fibra*. In: *Congresso Brasileiro de Polímeros, 14., 2017, Águas de Lindóia. Anais do 14º Congresso Brasileiro de Polímeros. Águas de Lindóia, 2017*
- ROSÁRIO, Francisco et al. *Resíduos de Sisal como Reforço em Compósitos de Polipropileno Virgem e Reciclado*. *Polímeros*, v. 21, n. 2, p.90-97, 2011.
- SENISSE, Juliana Alves de Lima. *Influência do consumo de água, do teor de adição de microfibras de polipropileno e do tipo de cimento no fenômeno da retração por secagem em concretos empregados em pisos*. 2010. 160 f. *Dissertação (Mestrado) UFRGS, Porto Alegre, BR, 2010*.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPERGS, Supermix e a Universidade de Caxias do Sul pelo apoio.

# MOVILIDADES Y ARQUITECTURAS EN TRANSFORMACIÓN: LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y EL DIALOGO CON LA SUSTENTABILIDAD EN EL NOROESTE ARGENTINO. LOS CASOS DE CORANZULÍ (JUJUY) Y NAZARENO (SALTA).

Natalia Veliz ([natyveliz\\_10@hotmail.com](mailto:natyveliz_10@hotmail.com)); Julieta Barada ([ju.barada@gmail.com](mailto:ju.barada@gmail.com))

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Universidad Nacional de Jujuy (UNJu), Instituto de Investigaciones sobre la Naturaleza y la Sociedad “Rodolfo Kusch”, Laboratorio de Arquitecturas Andinas y Construcción con Tierra (LAAyCT) - Arg.

**Palabras clave:** sustentabilidad integral, movilidad espacial, comunidad campesino indígena.

*Las arquitecturas con tierra de las comunidades campesino-indígenas del noroeste argentino son a menudo valoradas por su sustentabilidad. Esta responde, sin embargo, no sólo a una aparente coherencia entre sus aspectos técnico, tecnológicos y el ambiente natural, sino también a su valor como parte de las tradiciones constructivas del mundo social donde se crean. En este sentido, existe un conjunto amplio de técnicas, materiales y modos de hacer que tienen profundas variaciones entre los diferentes grupos, e incluso en términos históricos dentro de un mismo conjunto. Entonces, ¿Qué procesos asociados tienen estas técnicas que atraviesan sus transformaciones y problematizan sus estrategias de sustentabilidad en el tiempo?*

*En este trabajo nos enfocaremos a un componente central de la vida de las comunidades locales que es el de la movilidad. Esta está asociada tanto a aspectos productivos, como sociales y simbólicos, así como también a las lógicas de inserción de estos poblados en las estructuras administrativas del estado nacional y los mercados capitalistas. La movilidad se constituye como un elemento central para pensar en las transformaciones que presentan las morfologías arquitectónicas y las técnicas constructivas, y entonces reflexionar sobre su sustentabilidad en un sentido integral. Nos enfocaremos en el trabajo de campo etnográfico que las autoras vienen realizando en dos comunidades específicas: Coranzulí, en la Puna de Jujuy, y Nazareno, en la Cordillera Oriental Salteña. Además de las ventajas comparativas que ofrecen ambos espacios, nos interesa plantear desde las particularidades de los casos, reflexiones más amplias que convoquen a pensar la problemática de la sustentabilidad de los patrimonios construidos con tierra desde las especificidades técnicas, pero por sobre todo desde los puntos de vista de las poblaciones que producen dicho patrimonio.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las arquitecturas de tierra del noroeste argentino ha sido objeto de interés del campo académico en distintos momentos del siglo XX. Primeramente, podemos reconocer las décadas de 1930 y 1940, como un primer momento en que las miradas académicas tendieron a “rescatar” las arquitecturas vernáculas existentes en distintos sitios del país, en función de dar cuenta de las múltiples formas de la “habitación humana” a través de la

relación hombre-naturaleza (Ardissone, 1937; Márquez Miranda, 1945). Un segundo momento, tuvo su mayor desarrollo entre las décadas de 1960 y 1970, aunque gran parte de sus miradas e ideas persisten en muchos casos, al día de hoy. Los minuciosos

relevamientos realizados entonces, devenidos en importantes publicaciones, valoraban estas arquitecturas y a las comunidades locales por su correcta utilización de los recursos “naturales”, en la producción de una armónica asociación con el entorno en el que vivían. Así, calificativos como “espontaneidad”, “modestia” y “rusticidad”, plagaron muchos de estos trabajos, con una clara referencia al desdibujado rol atribuido a los pobladores, como productores “silenciosos” de estas arquitecturas. Las valoraciones que estos trabajos expresaron tuvieron que ver con la exaltación de lo que los propios autores llamaron: “una ‘estética de la escasez’ que ha transformado a la pobreza en elocuente sencillez” (Ascensio, Iglesia y Schenone, 1974).

Más allá de las visibles problemáticas que estas aproximaciones exponen, su aporte resulta significativo en tanto brindan un conocimiento específico sobre las características técnicas y morfológicas de estas arquitecturas, así como también permiten dar cuenta de un cierto devenir histórico. Es de hecho a través de la información que en buena medida brindan estos trabajos, que se ha considerado la permanencia de ciertas técnicas constructivas, así como el uso de ciertos materiales en un determinado contexto ambiental, lo que permitió abonar a la idea de su sustentabilidad, estrechamente ligada a una visión aparentemente armónica entre el entorno natural, la arquitectura y la población. Las ideas y sentidos comunes construidos en este marco poseen una significativa actualidad. Así, muchas veces la arquitectura con tierra es calificada por su buen uso de los materiales y el correcto acompañamiento al medio en donde se desarrolla, pero es en ese mismo sentido que esta implica, además, un conjunto amplio de técnicas, materiales y modos de hacer que tiene profundas variaciones entre los diferentes grupos e incluso en términos históricos dentro de un mismo conjunto. Entonces, ¿Qué procesos asociados tienen estas técnicas que atraviesan sus transformaciones y problematizan sus estrategias de sostenibilidad en el tiempo? ¿Qué rol juegan los actores locales en dichos procesos?

Los trabajos realizados en las últimas décadas (Göbel, 2002; Tomasi, 2011; Barada, 2017; entre otros) y la articulación de una mirada técnica con las perspectivas antropológicas, permiten nuevas aproximaciones a estas arquitecturas que privilegian el conocimiento sobre sus contextos, procesos y agentes de producción a la hora de elaborar consideraciones sobre sus características. En este sentido es que lejos de pensar en las técnicas, materiales y morfologías constructivas como entidades inmanentes en el tiempo únicamente asociadas a las condiciones específicas de un ambiente, debemos pensarlas en el marco de sus propias complejidades, dentro de las que se contempla una significativa variabilidad asociada a contextos sociales e históricos específicos y donde intervienen intensos procesos de transformación, para desde allí considerar sus propias alternativas a la sustentabilidad. Este es el objetivo principal de este trabajo.

Es sabido que la movilidad es una práctica constitutiva de los modos de vida de las poblaciones agro-pastoriles del área andina. En este contexto, podemos decir que la movilidad es una práctica social históricamente constituida, a través de la cual las personas están “en un ir y venir constante” (Benedetti y Tomasi, 2014:16) y que se define como forma específica de apropiación y significación de lugares. Evidentemente, abordar estas movi­lidades como condición necesaria para la producción del espacio y por tanto la arquitectura, implica aproximarnos a las movi­lidades como prácticas que no pueden ser comprendidas -o al menos no en su totalidad- en el marco de las relaciones tiempo-espacio enmarcadas en el contexto capitalista (Zusman, Hevilla y Molina, 2006). De hecho, estas movi­lidades fueron conflictivas para el estado nacional, no sólo en lo que respecta al control físico de la población, sino también al de sus actividades productivas, a la clasificación de sus esquemas residenciales y a la comprensión de sus prácticas cotidianas. Sin embargo,

lejos de pensar que la acción del estado haya implicado una ruptura en los esquemas de movilidad locales, debemos abordar su persistencia en el marco de diversos procesos de variación y transformación -de las propias comunidades- y a su vez de negociación -de estas ante el estado-. En este sentido es que pensar las espacialidades locales y sus arquitecturas por fuera de estas lógicas resulta sesgado y por lo tanto impide su problematización en el marco de un interés por considerar su sustentabilidad. Abordaremos entonces la tensión existente entre arquitectura en tierra, movilidades y sustentabilidad, a partir del estudio de dos casos específicos, cuyas características ambientales, sus trayectorias históricas y sus procesos actuales resultan divergentes en muchos sentidos, lo que contribuye a definir sus ventajas comparativas. Estos son, el de las comunidades de Nazareno, en la Cordillera Oriental salteña, y el de la comunidad de Coranzulí, en la Puna de la provincia de Jujuy<sup>8</sup> (Figura 1).

A continuación, avanzaremos sobre algunas consideraciones sobre la noción de sustentabilidad, introduciendo específicamente la de “sustentabilidad integral” cuyas características resultan -en principio- más apropiadas para el desarrollo de esta propuesta. Luego, avanzaremos sobre los casos específicos, los que luego se articularán en la discusión, en la que se buscará articular la noción de movilidad y sus implicancias para las respectivas comunidades, en el marco de la problematización de la sustentabilidad integral de las arquitecturas locales. Finalmente, reflexionaremos acerca de la necesidad de involucrar procesos más amplios en el estudio de las arquitecturas y sus alternativas para la sustentabilidad, en los que aspectos productivos, sociales, rituales, e incluso políticos, resultan aspectos insoslayables para la consideración de la arquitectura como hecho social.

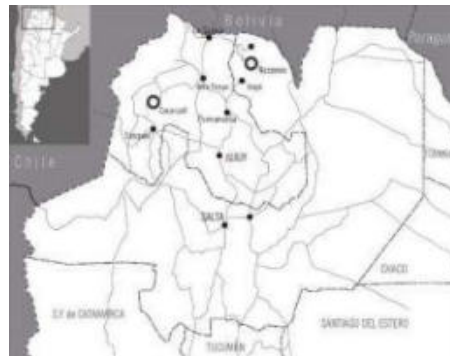


Figura 1. Mapa del área, con la señalización de la localización de los casos de estudio.

## 2. LA ARQUITECTURA DE TIERRA Y LA SUSTENTABILIDAD INTEGRAL

Según la definición de sustentabilidad dada por la Agenda 21<sup>9</sup>, “el desarrollo sustentable hace referencia a la capacidad que ha desarrollado el sistema humano para satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer los recursos y oportunidades para el crecimiento y desarrollo de las generaciones futuras.” Si bien esta definición no lo contempla de manera explícita, es sabido que muy frecuentemente, esta idea de “compromiso de recursos” o de “oportunidades de crecimiento”, está asociada a las condiciones del entorno natural ambiental, haciendo hincapié en la preservación de los mismos y a la limitación de la contaminación natural. Existen otras definiciones, generadas

<sup>8</sup> La elección de estos casos se basa en el trabajo colaborativo que vienen realizando las autoras en el marco de sus respectivas investigaciones doctorales.

<sup>9</sup> Agenda 21 es el plan de acción propuesto por la ONU para conseguir entre todos un desarrollo más sostenible en el siglo XXI. El documento fue aprobado y firmado por 173 gobiernos en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992.

por diferentes organizaciones y actores sociales, que asocian esta noción de sustentabilidad a otros factores. Es así como podemos hablar de un desarrollo sustentable en términos económicos, o al desarrollo de la sustentabilidad social. En definitiva, cada una de estas construcciones sobre la noción de sustentabilidad, apela a un foco específico, dejando por fuera al resto de los elementos. En este sentido es que en tanto la sustentabilidad en arquitectura suele estar estrechamente asociada a cuestiones ambientales, su relación con la sustentabilidad social e incluso económica no suele ser un camino tan explorado.

Para este trabajo, y con el fin de poder incorporar estas otras variables para pensar en las complejidades asociadas al uso de la noción de sustentabilidad en un contexto específico, nos volcaremos a la definición de *sustentabilidad integral*. Vincularemos a la arquitectura con tierra -ya valorada por sus características de armonía con el ambiente, y uso responsable de los materiales- incorporando en su estudio, otros elementos que, finalmente, la definen como tal. Partiremos diciendo que la *sustentabilidad integral* se asienta en tres ejes: (1) en lo ecológico, (2) en lo económico y (3) en lo social-cultural. Ciertamente, hablar de *sustentabilidad integral* también implica reconocer que ciertas características no se mantienen de modo constante e inmutable en el tiempo, por el contrario, la sustentabilidad está dada por la adaptabilidad de ciertos elementos que se van equilibrando y recreando en el tiempo, muchas veces incluso a través de transformaciones sustantivas. Es en este punto que nos inclinaremos por problematizar la sustentabilidad de las arquitecturas en tierra tomando como punto de partida al concepto de *sustentabilidad integral*, ya que responde a un número de elementos y variables que posibilitan un abordaje global y no solo desde el modo de uso de los materiales.

Las comunidades a las que nos referiremos tienen la característica de ser agro-pastoriles y es la movilidad es indisoluble de dicha condición. En este marco, la movilidad y la construcción de las “casas”<sup>10</sup>, son procesos permanentes de territorialización, con características propias en cada unidad de estudio. Consecuentemente, las formas de hacer arquitectura, no solo conllevan procesos técnicos y tecnológicos, sino que debieran ser problematizadas desde una sustentabilidad social y cultural, más que desde una mera sustentabilidad puramente arquitectónica o “buen uso de los materiales”. Las prácticas constructivas que atraviesan las arquitecturas con tierra, tienen un largo proceso histórico, y un gran compromiso social y simbólico en las comunidades en las que se realizan. Asimismo, es claro que esta movilidad o trashumancia no ha permanecido in-modificada, por el contrario, ha cambiado significativamente a lo largo del tiempo. Desde esta perspectiva, la *sostenibilidad integral* desde la que buscaremos problematizar las arquitecturas con tierra trasciende lo meramente material y va más allá de ello, adaptándose a las complejas interrelaciones con otras prácticas constructivas, sociales, culturales y económicas en cada una de las comunidades, en cada una de las familias, en cada una de las personas que las practican.

### 3. CASO CORANZULI EN LA PUNA JUJEÑA

Coranzulí es un pueblo de la Puna de la provincia de Jujuy, ubicado en el departamento de Susques, a 70km de la cabecera departamental homónima, y a 260km de la capital provincial, San Salvador de Jujuy. La Puna puede definirse como “una planicie de alrededor de 12.500.00ha, ubicada por encima de los 3.000m de altura en el extremo noroeste del país” (Reboratti, 2005:33). Atraviesa el sector occidental de las provincias de Jujuy, Salta y Catamarca. El sector de la misma al que pertenece Coranzulí, formó parte de lo que durante el siglo XIX se denominó como Puna de Atacama, y su trayectoria histórica durante el periodo republicano tuvo ciertas singularidades. En el marco de los procesos

---

<sup>10</sup> Casa: adoptaremos el término casa/as, que es como definen los pobladores a la residencia donde habitan.



independentistas latinoamericanos, primero formó parte de Bolivia hasta 1879 y luego, durante la Guerra del Pacífico, pasó a formar parte de Chile (Delgado 2003; Benedetti, 2005). En 1899, se estableció el límite definitivo entre Chile y Argentina y el sector oriental de las tierras altas atacameñas donde se localiza Coranzulí pasó a formar parte del territorio argentino. Desde 1900 hasta 1943, Coranzulí estuvo incluido en el Territorio Nacional de Los Andes y desde su disolución fue incorporado, con el resto del departamento de Susques, a la provincia de Jujuy. Desde 1969, Coranzulí es cabecera de la Comisión Municipal del mismo nombre, con un territorio que abarca unos 2.926km<sup>2</sup>, y de la que dependen otras cuatro localidades rurales. En términos poblacionales, fueron registrados para esta localidad en el último Censo Nacional de Población y Vivienda (INDEC, 2010), un total de 333 habitantes. El pueblo de Coranzulí es también sede de diferentes instituciones del estado provincial: una escuela primaria y secundaria, una unidad sanitaria, un registro civil y un destacamento policial, y de otras instituciones comunitarias, como el Centro Vecinal y la Comunidad Aborigen. Coranzulí es también el centro de un área de pastoreos que se encuentra dividida en tres *secciones* en las que se distribuyen los territorios de pasturas de cada una de las familias locales.

Históricamente, las familias coranzuleñas se dedicaron al pastoreo de rebaños mixtos -llamas, cabras, ovejas y vacas- cuya práctica implicó el desarrollo de ciclos de movilidad que involucran el desplazamiento anual por un territorio delimitado, denominado localmente *pastoreo*. En estos, se distribuyen las diferentes áreas de pasturas y sus arquitecturas asociadas: *domicilios* -o casas principales- y *puestos* -asentamientos secundarios o temporarios-. Así, del mismo modo que no podemos hablar de un único asentamiento en el campo para comprender el espacio de vida de una familia, tampoco podemos comprender a los *puestos* o a los *domicilios* como entidades únicas, sino que están compuestos por una serie de edificios e instalaciones en torno a un patio, que poseen materialidades y significados singulares (Figura 2). En particular, las casas de campo o *domicilios* se destacan por su asociación con la unidad doméstica<sup>11</sup> y su sucesión generacional. Esta condición ha permitido pensar en la casa como una entidad en constante construcción. En este sentido, existe de hecho una cierta relación de correspondencia entre la conformación de una casa en el campo y los distintos tiempos y configuraciones de un grupo familiar, en tanto cada uno de los recintos que componen la casa, son denominados *casas* y están generalmente asociados a una generación específica (Tomasi, 2011). En esta misma línea Arnold propuso, de hecho, que el término aymara *uta* (casa familiar), “es aplicable no sólo a la estructura física sino también al grupo social dentro de ella” (1998:42). En el mismo sentido las relaciones entre familias a lo largo de las generaciones se visibilizan en la conformación de las *secciones*, que son las unidades espaciales y sociales en las que se distribuyen las áreas de pasturas de las familias coranzuleñas. Así, pertenecer a *Quebrada Grande*, *Incahuasi* o *Agua Delgada* implica localizarse en un determinado sector del territorio, al mismo tiempo que lo es en términos sociales, implicando la pertenencia a un determinado universo de relaciones que se visibilizan en ciertas instancias rituales, por ejemplo, la del carnaval (Barada, 2017).

Sin embargo, la espacialidad del hábitat de los pastores puneños -y coranzuleños en particular- no concluye en el campo, sino que involucra la existencia de una casa en el pueblo. Los estudios andinos han reconocido, históricamente, la existencia de estas casas como lugares a los que los pastores, asentados mayormente en el campo, acudían en

---

<sup>11</sup> En este trabajo entenderemos a las unidades domésticas como los grupos familiares que comparten un mismo esquema de sostenimiento, están unidos por lazos de parentesco y para los que se establece una determinada lógica de asentamientos y movibilidades como estrategia productiva y social.

momentos específicos del año en función de la realización de ciertas actividades rituales, dentro de las cuales se destacan las fiestas patronales. Así, mientras que el campo puede ser considerado como el lugar de las familias, el pueblo ha sido definido como el lugar del colectivo (Abercrombie, 2006 [1998]). La acción del estado nacional argentino que se inició en el área en 1900, y en particular la obligatoriedad de la escolaridad de los niños, implicaron una progresiva transformación de este esquema, que conllevó a una transformación en las características de las casas. Mientras que los primeros registros sobre estas construcciones señalaban que se trataba de un único recinto (Cerri, 1900 [1993]), en la actualidad debemos hablar de complejos residenciales que siguen, en muchos casos, la lógica de crecimiento señalada para las casas de campo, y que en otros reproducen este mismo esquema a través de la asociación de casas localizadas en distintos lotes –muchas veces incluso distantes en el poblado–, que en la práctica cotidiana responden a las dinámicas de movilidad de una misma familia (Barada, 2017). Finalmente, en las últimas décadas se observa la significativa incorporación de otras tipologías de vivienda, asociadas al vínculo con los espacios urbanos (los *departamentos*) y a la acción directa del estado (las *viviendas*)<sup>12</sup> (Figura 3).

Evidentemente, la mayor estancia en el pueblo no se asocia únicamente a la escolaridad de los niños sino que se expresan allí un entramado complejo de relaciones y transformaciones tanto del campo social como económico y productivo. El desarrollo del empleo estatal, el empleo minero y el comercio, ha contribuido a una mayor estancia de las familias en el pueblo –especialmente de padres e hijos menores–, acudiendo al campo únicamente los fines de semana. Es en estos casos que se observa, entonces, un mayor uso de los *domicilios* por sobre los *puestos*, lo que conlleva a una disminución de las movilidades pastoriles y un consecuente achicamiento de las haciendas. Por su parte, el desarrollo de este tipo de actividades ha favorecido la incorporación de una última alternativa de movilidad que es la que se da desde el pueblo hacia los centros urbanos y/o laborales. Las frecuencias en las que se expresan estas movilidades van desde los viajes semanales para la compra de mercaderías, la asistencia a compromisos bancarios o la asistencia médica, hasta las frecuencias mensuales que tienen los regímenes de trabajo minero, e inclusive en algunos otros casos se dan estadías más extensas de ciertos miembros de la familia en función de los estudios secundarios y/o universitarios de los más jóvenes. Sin embargo, aun en estos casos en los que se dan ausencias prolongadas, las casas en los pueblos, los *domicilios* y *puestos* de pastoreo siguen formando parte de la lógica de asentamientos familiares y sus esquemas de movilidad. Así, en un sentido “inverso” al planteado al comienzo para la casa en el pueblo, son muchas veces las festividades locales, particularmente aquellas asociadas al sostenimiento de las haciendas –tales como la *señalada*<sup>13</sup>–, las ferias o eventos religiosos, las que atraen a la totalidad de los miembros de una familia hacia el pueblo y el campo (Figura 4). En este contexto, lejos de pensar en una transformación que implique el abandono de uno u otro espacio, debemos pensar en la multiplicación de esta espacialidad que tensiona los tiempos y espacios propios de la

---

<sup>12</sup> Si bien excede los objetivos de este trabajo profundizar sobre las características de estas arquitecturas, sobre las que hemos profundizado en otros trabajos (Barada, 2018). La categoría de *departamento*, evidentemente asociada a las arquitecturas de los centros urbanos, se caracteriza por ser una única construcción compacta dentro de la cual se distribuyen las habitaciones destinadas a los diferentes usos domésticos, que se diferencia de las de las casas en relación con sus características constructivas: si bien es de construcción local, esta se da en un único momento y presenta, en general incorporación de materiales industrializados. Las *viviendas*, por su parte, refiere a las viviendas producidas por el estado en el marco de las políticas públicas. En ambos casos, sin embargo, estas arquitecturas aparecen en el pueblo compartiendo lotes con casas, o bien siendo modificadas por los pobladores, incorporando las lógicas morfológicas y constructivas antes descriptas.

<sup>13</sup> Se refiere al ritual de marcación de las haciendas.

estatalidad. En efecto, las casas no se reemplazan sino que mas bien se multiplican. Al *domicilio*, a los *puestos* y a la o las casas en el pueblo que posee un mismo grupo familiar, suele sumarse, entonces, una casa en la ciudad. Estas suelen estar conformadas por un único recinto o habitación -muchas veces de alquiler- a la que acuden simultánea y alternativamente distintos miembros de una misma unidad doméstica.

En términos constructivos, aproximarnos a los materiales y técnicas presentes en estas arquitecturas implica comprender un conjunto de prácticas que forman parte de la vida diaria de las familias. En otras palabras, si la casa es una entidad en constante construcción, pues la práctica constructiva es una actividad que forma parte del universo del cotidiano (Tomasi, 2012). Las técnicas constructivas en tierra: principalmente la utilización de los cimientos y sobrecimientos de piedra, los muros de adobe, y los techados de *guaya* o *torta de barro*, han formado parte de las tradiciones constructivas reconocibles en el área. No sólo los conocimientos acerca de la realización de las distintas técnicas se transmiten de generación en generación, sino que esto es así porque son en general las familias completas las que participan de uno u otro modo de la tarea e incluso las relaciones interfamiliares -asociadas, por ejemplo, a la pertenencia a una misma *sección*- son relevantes, también, a la hora de encontrar lazos de ayuda mutua operando en la construcción (Barada, 2018). Sin embargo, las casas en el pueblo y más aún aquellas localizadas en ciudades, incorporan un importante número de materiales y técnicas “foráneas” (vigas de hormigón armado, revoques de cemento y techados de chapa son de los más significativos) cuya introducción en las construcciones locales se da de la mano de: por un lado, un conocimiento adquirido en los empleos urbanos que muchos de los miembros de la familia tienen o han tenido, un excedente económico proveniente de los mismos y que posibilita el acceso a este tipo de materiales industrializados, y por el otro, a un nuevo entramado de relaciones familiares y sociales que involucran la tercerización de la mano de obra y la transformación de ciertos tiempos asociados a las tareas.



Figura 2. Un domicilio en el campo, en la sección Agua Delgada.

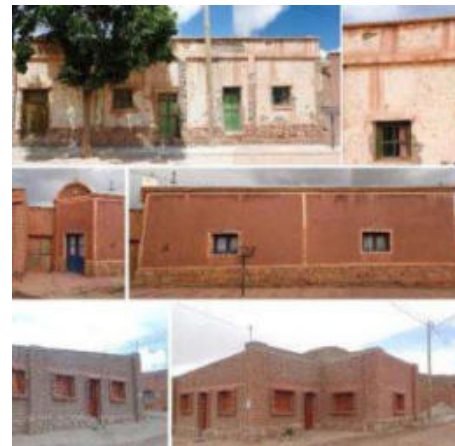


Figura 3. Frentes de diferentes casas en el pueblo de Coranzulí.

Más allá de las problemáticas técnicas que muchas de estas incorporaciones implican, cuya problematización excede los intereses de este trabajo, debemos considerar su relación con la transformación en los esquemas de movilidad y de asentamiento, cuyo devenir forma parte de los esquemas propiciados por el propio estado y de los intereses que en este marco definen las agencias locales. En este sentido es que se plantea una problemática

significativa a la hora de pensar la sustentabilidad de las arquitecturas locales, sobre la que nos explayaremos más adelante.



Figura 4. Peregrinos de Coranzulí, del campo al pueblo en la Fiesta Patronal.

#### 4. CASO NAZARENO EN LA CORDILLERA ORIENTAL SALTEÑA

El Municipio de Nazareno se ubica en plena Cordillera Oriental, al noroeste de la Provincia de Salta, pertenece al Departamento de Santa Victoria Oeste y está formado por una serie de localidades<sup>14</sup> y caseríos dispersos en las 115 hectáreas que los conforman. Toda la jurisdicción tiene alrededor de 3.000 habitantes, de los cuales 1.000 se localizan en el pueblo cabecera, que recibe el mismo nombre del municipio. Es importante mencionar que los pobladores de esta zona, pertenecen a una comunidad originaria, conformada como tal en el año 1998. La OCAN -Organización Comunitaria de Aborígenes de Nazareno- permitió el acceso a solicitudes formales por la tenencia de las tierras, proceso que aun en la actualidad se encuentra inconcluso. Desde momentos coloniales, este territorio formó parte de la Finca Santa Victoria, tras otorgamientos de mercedes reales. A través de la sucesión hereditaria llegó a manos de Corina Aráoz de Campero, quien estuvo a cargo de arrendarla al ingenio San Martín del Tabacal. En 1960 finalizó el arriendo por parte del ingenio. Debido a la presión campesina y la política de las tierras, Campero intentó quedarse con las tierras del monte, potencialmente más ricas, y ceder las tierras altas, poco productivas y objeto de fuertes reclamos por parte de los arrendatarios (Reboratti, 2009). Luego de diversos procesos judiciales en el marco de este litigio, en 1966, la Junta de Catastro de la Provincia de Salta emitió una resolución que permitió a la dueña de la finca iniciar un proceso de venta, operación que no concluyó (Informe Kay Pacha, 2010). En la actualidad el proceso de legalización esta interrumpida, aun así las comunidades son quienes viven, producen, definen y simbolizan de maneta constante, todo el territorio que conforma la OCAN.

Esta área de estudio tiene una geografía muy variada, va desde las Yungas, a 2.200 msnm, hasta alcanzar la zona de Puna, que supera los 4.800 msnm. Debido a esta diferencia altitudinal y ambiental, los poblados -localidades y caseríos dispersos- se dividen según el lugar de localización, *poblados del alto o campeños* y *poblados del bajo o vallistos* (Veliz, 2018). Los caseríos de ambas zonas tienen una actividad agro-pastoril como eje o complemento de la actividad económica de las unidades domésticas, (en adelante UD). Se ha podido observar que a partir del desarrollo de las diferentes actividades de producción, festividades, actividades generadas por las instituciones, entre otras, las comunidades tienen un estrecho vínculo con el territorio y de las localizaciones donde se asientan cada una de ellas. Es recurrente que una UD, tenga más de una casa, por las actividades que

<sup>14</sup> En este trabajo haremos la diferenciación entre localidades y caseríos o caseríos dispersos. La diferencia estará dada por la densidad de población en cada uno. Siendo el primero -localidad- definido como la aglomeración de casas que cuenta con una serie de instituciones alrededor de las cuales se desarrollan actividades, como la iglesia, sala de primeros auxilios, escuela primara, salón comunitario, cancha de futbol, cementerio, destacamento policial, entre otros. Mientras que los caseríos están conformados por casas dispersas y el área de producción agrícola y pastoril, en esta última no se llega a reunir más de 5 UD.



realizan muchas veces tiene una casa en el pueblo, otra en la cercanía de la zona de cultivo, sumando a esto los puestos de pastoreo que son más de dos unidades por UD. Se puede decir que la vida de los nazarenences, transcurre en una multiplicidad de espacios (Figura 5 y 6). Para este trabajo se han identificado tres tipos de movilidades espaciales en Nazareno, que se entretajan y generan redes de comunicación y vinculación, a los que con fines analíticos hemos denominado: movilidad pastoril, movilidad agrícola y movilidad institucional, y que a continuación detallaremos. Esto es relevante para este trabajo, porque como vimos con anterioridad, la movilidad es constitutiva de las formas de vida de los pueblos, y que las arquitecturas también son parte inalienable de ellas.

La actividad pastoril se da en toda el área andina, este tipo de actividad, como estrategia productiva y sociocultural, ha sido estudiado por numerosos autores dentro del área, como Tomasi (2012), Göbel (2002), Yacobaccio (1998), entre otros. Es a partir de estos trabajos que definimos a esta actividad, como un sistema económico basado en la crianza de animales tenidos en propiedad, cuya estrategia es la movilidad, que se fundamenta en la necesidad de alimentación de la hacienda. Por consiguiente esta actividad pastoril implica un movimiento constante en el territorio a través de sus diferentes pisos ambientales, en búsqueda de pasturas y agua. Por esta razón es que las familias poseedoras de rebaños, de composición mixta o no, tienen una serie de puestos, alejados de la casa del pueblo. Los puestos son ubicados en sitios estratégicos, y por lo general son construidos con piedras extraídas del lugar donde se asientan, pueden o no tener junta de barro. Constan de una o dos habitaciones de dimensiones pequeñas, aproximadamente de 2x2 m de lado. En su mayoría tienen escasas aberturas, comúnmente solo disponen del vano de la puerta y la habitación que cumple la función de cocina se le incorpora aberturas para la ventilación, porque las cocinas funcionan por la combustión de leña. En los poblados de Nazareno, el ganado menor -ovejas, chivos, y llamas-, están a cargo usualmente por las mujeres y los niños, este tipo de hacienda requiere de un pastoreo diario, por lo tanto el movimiento continuo a lo largo de todo el año. Mientras que para la hacienda mayor -vacas-, son los varones los responsables de cuidarlos y el movimiento espacial o de pastoreo se da de manera más reducida o espaciada que la anterior, esta se hace una vez al mes o cada dos meses, y esta actividad se da de tres días, a una semana de permanencia en el puesto.



Figura 5. Puesto en "el monte", momento de días previos a la hierra.



Figura 6. Peregrino de la comunidad de Cuesta Azul, para celebrar la fiesta patronal.

Existe otro tipo de movilidad espacial que se da a partir de las actividades de producción agraria. Este tipo de movilidad, tanto en los pueblos *campeños* y *vallistos*, se da de manera estacional. Esta estacionalidad está marcada por los tiempos de siembra y las posibilidades de riego. Muchos de los pueblos y caseríos a los que referimos con anterioridad tienen una conformación centralizada, dejando fuera los terrenos de sembradíos. Estos últimos se ubican por lo general en las cercanías de los cursos de agua -ríos y acequias-, o en algún lugar donde estén reparados de los vientos y de las heladas. La arquitectura agraria está



compuesta por corrales o terrazas de cultivos, acequias y en algunos casos, “la casa del potrero”. Habitualmente los potreros son construidos con mampuestos de piedra sola o con junta de barro, también se observa el uso del tapial, como material para delimitar y asegurar la producción. En otros casos, existen los aterrazamientos del terreno, en combinación con el cercado con piedra. A este conjunto de potreros, en algunos casos lo acompaña “la casa del potrero”, esta es una habitación, construida de adobe, techo chapa o de barro y tiene la función de depósito de herramientas y semillas (Figura 7). En esta dinámica, todos los integrantes de la familia están involucrados, y las actividades van a estar regidas por el calendario de las siembras, el acompañamiento del clima y la disponibilidad del agua. Si bien se dijo anteriormente que las actividades involucran al grupo familiar entero, existen ciertas actividades como ablandar la tierra, o arar, que solo la realiza los varones.

El tercer tipo de movilidad que definimos, es la que se genera a partir de las instituciones educativas, religiosas o civiles, a las que se denominaron movilidad institucional. Este tipo de movilidad se da en fechas precisas. Una fiesta patronal, la fecha de pago de haberes, las actividades escolares o los recesos escolares, los festivales comunitarios, la fiesta de intercambios, las reuniones comunitarias, las zonales, entre otros. Una de las instituciones que genera el mayor movimiento, por un periodo más extenso es el colegio ubicado en el pueblo cabecera, Nazareno, este tipo de movimiento corresponde con el ciclo escolar secundario y terciario y son los jóvenes-adultos quienes concurren. Es Nazareno, como pueblo cabecera el único lugar que posee ambos institutos de formación, generando que los jóvenes migren desde sus pueblos para poder concurrir. El tipo de movilidad es variada, los que vienen de los pueblos cercanos lo hacen de manera diaria, otro de manera semanal, y los que vienen de pueblos más distantes, alquilan un lugar en pueblo y se quedan durante todo el ciclo lectivo hasta tener algún receso, momento en el cual regresan a sus casas para ayudar con las actividades familiares. Otro tipo de movimiento es la generada por las instituciones religiosas, y son las fiestas patronales. En este caso si existen fechas precisas, y donde no solo convoca a familias sino a comunidades enteras a desplazarse de un lado a otro. La movilidad se da por un día o más, dependiendo del lugar y la festividad de la que se trate. En la zona la fiesta religiosa más convocante es la fiesta patronal del pueblo de Nazareno, que cada 8 de setiembre realiza la celebración en honor a la Virgen de Guadalupe, y como se dijo, este tipo de movilidad la desarrolla todo el grupo familiar. Es en este caso, sale a la luz, todos los vínculos existentes entre las comunidades, los visitantes se alojan por un par de días en las casas de algún familiar ya sea en el propio Nazareno o en los pueblos vecinos (Figura 8). También en esta fecha llegan numerosas comitivas de clubes de futbol, para ello las escuelas que cesan las actividades escolares, se abren para alojar a este grupo de invitados.

Como se demuestra, las movilidades y las arquitecturas que las acompañan son recurrentes en toda el área de Nazareno. En un punto pareciera que nada ocurre “si no se sube y baja del cerro”. Tenemos por un lado las movilidades del pastoreo y las de tipo agrícola que están asociadas con las actividades de la economía familiar. Las mismas involucran el manejo y conocimiento del territorio donde se realizan estas actividades, y donde la arquitectura asiste de manera coherente y eficaz. Por otro lado, las movilidades institucionales, que son de tipo social y cultural, y tienen la importancia de afianzar los lazos comunitarios que históricamente han tenido. La misma ayuda a la creación del arraigo, permanencia de los pobladores a las tierras, así como también de dotar significado a cada uno de los lugares donde se habite. Tal es así que la movilidad en sus diversas formas y en sus tiempos específicos es el hilo que acompaña la vida de los nazarenences históricamente y en la actualidad.



Figura 7. Casa y potreros de cultivo. Comunidad de San José.

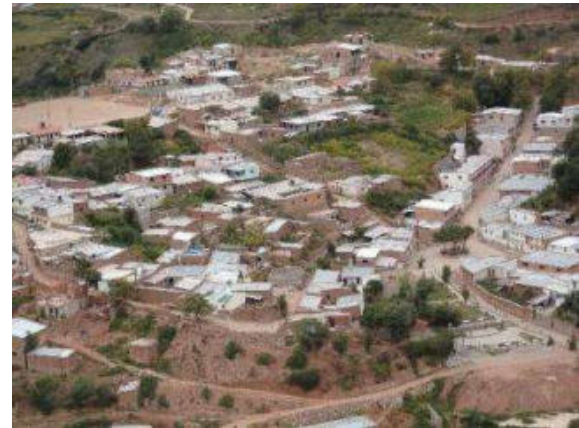


Figura 8. Poblado de Nazareno. Año 2016.

## 5. DISCUSIÓN. LA MOVILIDAD COMO CONSTITUYENTE DE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS ARQUITECTURAS LOCALES

La variabilidad de técnicas constructivas y morfologías arquitectónicas que atraviesan a las comunidades del área requieren, evidentemente, de aproximaciones más profundas que reconozcan los diferentes procesos que las definen en cada caso. Sin perjuicio de ello, lo expuesto aquí en relación con las comunidades de Nazareno y Coranzulí, evidencian la relación que existe entre dicha variabilidad y la movilidad como práctica, incluso cuando esta haya estado atravesada históricamente por sustantivas transformaciones en cada caso y cuando se encuentren variaciones entre ambos.

En los dos casos, puede reconocerse una movilidad estrechamente asociada al pastoreo, en la cual uso del espacio a través del movimiento cíclico de las familias ha definido una serie de asentamientos con diferentes morfologías y técnicas. Su variabilidad tiene que ver con los recursos disponibles en cada sitio, pero por sobre todo al tiempo y las prácticas que las familias allí realizan. Así, por una lado las arquitecturas de los puestos presentan una menor complejidad de edificios en función del uso temporario de los mismos mientras que las casas de campo, o *domicilios*, presentan una continuidad constructiva que se asocia estrechamente a la continuidad de uso, pero por sobre todo, a una continuidad en el desarrollo de la unidad doméstica. Esto último expresa de manera contundente la significación de la arquitectura y su sustento en el tiempo desde el sostenimiento de un determinado esquema social.

Las casas en los poblados, por su parte, poseen diferencias sustantivas entre los casos expuestos. Mientras que la actividad agrícola en Nazareno, las define como ámbitos vinculados al área rural circundante en términos productivos, lo que se expresa en sus técnicas y morfologías, la ausencia de esta práctica en Coranzulí ha definido a estas construcciones como ámbitos claves para la comprensión de un cierto universo simbólico asociado al campo pero simultáneamente como sitios estrechamente vinculados a la "institucionalidad". De este modo, "la arquitectura agraria" de las casas en los poblados que conforman las comunidades de Nazareno difiere en técnicas pero por sobre todo en las formas de usos del suelo a las arquitecturas del pueblo de Coranzulí, donde la lógica urbana y la definición de este poblado como un centro de servicios (Rotondaro, 1991) parece ser una de las claves centrales para comprender un contundente cambio constructivo. Una variable significativa se incorpora en este caso, la de la movilidad estacional a otros centros urbanos y/o laborales. Además de incorporar una nueva estrategia de sostenimiento económico de las unidades domésticas, la clave de esta incorporación está en el tiempo: incorpora una lógica de movilidad estacional que atraviesa aquellas vinculadas a la actividad

pastoril o agrícola -en el caso de Nazareno-. Las movilidades “institucionales”, finalmente, definen nuevos espacios de vida cuando implican la existencia de una casa “urbana” a la que se acude en momentos específicos de acuerdo a las necesidades de los diferentes integrantes de un grupo familiar. Su incorporación en un esquema de movilidades que históricamente había sido decodificado como aquel que respondía principalmente a las necesidades y variaciones de un entorno ambiental, es una de las claves que permiten dar cuenta de su construcción como modo de vida y por lo tanto los factores sociales, simbólicos e incluso técnicos que los atraviesan de modo insoslayable.

En ese sentido es que se vuelve una variable necesaria sino imprescindible cuando nos proponemos problematizar la sustentabilidad de estas arquitecturas. Si desde una perspectiva técnico-ambiental, recurrimos a pensar en la articulación que existe entre las técnicas constructivas en tierra y las condiciones físicas del entorno, podemos sin dudas encontrar una relación que se basa en el aprovechamiento de los recursos disponibles. Sin embargo, ese aprovechamiento está estrechamente vinculado a lugares, espacios y prácticas que se definen desde el pastoreo como actividad productiva, y en particular, como modo de vida (Tomasi, 2011). La incorporación de otras tecnologías constructivas y el consecuente “abandono” de ciertas técnicas está asociado a la transformación de los esquemas de movilidad de las familias y por tanto el cambio en las relaciones espacio-temporales que se definen.

Lo interesante respecto de la movilidad como clave para pensar la sustentabilidad es que sus transformaciones en ningún momento implicaron un abandono de esta lógica sino más bien la complejizarían de los tiempos, espacios, roles y esquemas que ordenan la vida familiar, pero que finalmente continúan siendo los que constituyen buena parte de sus sentidos. Se trata, finalmente, de estrategias de sostenibilidad. Como ha planteado Hinojosa (2009) en su trabajo sobre migraciones en los Andes Bolivianos: “En todo caso, no se trata simplemente de estrategias de sobrevivencia modernas, sino de un *habitus*, de unas prácticas asociadas a una cosmovisión particular, de un saber de vida que permitía y permite aún una mejor y más sostenible utilización de los recursos naturales, no ya para la sobrevivencia de una familia, sino para la vida y repro-ducción de toda una comunidad y sociedad” (2009:18).

## 6. REFLEXIONES FINALES

Hemos observado a lo largo de este trabajo cómo la movilidad es constitutiva de los modos de vida de las poblaciones locales, y por lo tanto como esta es una variable significativa para analizar sus arquitecturas a lo largo del tiempo, desde el pasado y en el presente. En este contexto, las movilidades pastoriles y/o agrícolas han sido objetos de estudio a los que frecuentemente se ha acudido en el área y desde los cuales han podido encontrarse explicaciones coherentes sobre sus arquitecturas y espacios. Sin embargo, aquellas otras movilidades, asociadas a las transformaciones que el estado, los mercados y el entramado de relaciones que allí se despliegan tendieron a favorecer, permanecieron mayormente al margen de los estudios sobre las comunidades andinas y sus espacios.

Tanto la incorporación de técnicas y materiales como la inserción de la población en los mercados capitalistas forman parte de procesos sociales complejos en los que las ideas e intereses históricamente construidos desde las agencias estatales sobre las arquitecturas con tierra del área andina y las prácticas de sus poblaciones han tenido la voluntad de su erradicación. Sin embargo, las agencias locales son insoslayables en dichos procesos y evidentemente nos encontramos en la actualidad en un contexto en el que existen agendas e intereses propios construidos desde las comunidades. Finalmente, ¿Son estas movilidades “imposiciones externas” en el marco de procesos transformadores? ¿O son más bien “modos de hacer” locales que encarnan, que interpretan, y por lo tanto redefinen los

marcos institucionales y normativos? ¿De qué manera entonces incorporarlas a la hora de problematizar la sustentabilidad de las arquitecturas en tierra? La paradoja que encierra esta idea se basa en que son justamente las transformaciones técnicas y morfológicas que se dan actualmente, y particularmente en las casas en los pueblos -asociadas a conformaciones espaciales más compactas y a la incorporación de materiales industrializados-, las que fueron propiciadas por las acciones y políticas de un estado que hoy las desprecia en pos de una “preservación” de las arquitecturas tradicionales. En ese sentido, la problemática de pensar la sustentabilidad por fuera de los sentidos locales se vuelve doblemente conflictiva, en tanto consideramos que no es posible pensar en un sostenimiento de las técnicas constructivas con tierra sin generar intervenciones, políticas, ideas, que partan de las propias prácticas de las comunidades que son las que, finalmente, dan sentido a estas arquitecturas y posibilitan su sustento en el tiempo. Las incipientes reflexiones presentes en este trabajo buscan aportar a las discusiones en este sentido, proponiendo la redefinición de la sustentabilidad desde los contextos locales, y partiendo de la consideración de las agencias de la población local. Es necesario atender al carácter dinámico de la sustentabilidad y comprender la multiplicidad de variables, sentidos, prácticas, que la definen y redefinen en el tiempo.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardisson, R. (1937) “Algunas observaciones acerca de las viviendas rurales en la provincia de Jujuy”. En: GAEA. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, Tomo V. Imprenta y Casa Editorial “Coni”. Buenos Aires.
- Ascencio, M., Iglesia R. y H. Schenone (1974) *Arquitectura en el altiplano jujeño*. Librería Técnica CP67. Buenos Aires.
- Barada, J. (2017) *Un pueblo es un lugar. Materialidades y movi­lidades de los pastores puneños ante las lógicas del estado*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Buenos Aires.
- Benedetti, A y J. Tomasi (comp.) (2014) *Espacialidades altoandinas. Nuevos aportes desde la Argentina*. (Tomos 1 y 2). Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires
- Göbel, B. (2002) “La arquitectura del pastoreo: Uso del espacio y sistema de asentamientos en la Puna de Atacama (Susques)”. *Estudios Atacameños* N° 23.
- Hinojosa, A. (2009) *Buscando la vida: familias bolivianas transnacionales en España*. Fundación PIEB, CLACSO. La Paz.
- Informe Kay Pacha (2010). *Análisis de las condiciones históricas, legales y registrales de las fincas de Santa Victoria y Mecoyita para la regularización de la situación dominal de sus tierras*.
- Márquez Miranda, F. (1945) “El ambiente geográfico y la vivienda rural en Iruya y Santa Victoria (Provincia de Salta)”. En: GAEA. *Anales de la Sociedad Argentina de Estudios Geográficos*, tomo VII. Imprenta y Casa Editorial “Coni”. Buenos Aires.
- Reboratti, C. ([1999] 2009). *El Alto Bermejo: realidades y conflictos*. Buenos Aires, Argentina: La Colmena.
- Rotondaro, R. (1991) “Estructura y arquitectura de los asentamientos humanos”. En: García Fernández, J.J. y R. Tecchi (comps.) *La reserva de la biosfera Laguna de Pozuelos: un ecosistema pastoril en los Andes Centrales*. Instituto de Biología de Altura, Universidad Nacional de Jujuy, UNESCO. San Salvador de Jujuy.
- Tomasi, J. (2011) *Geografías del pastoreo. Territorios, movi­lidades y espacio doméstico en Susques (provincia de Jujuy)*. Tesis doctoral inédita. Universidad de Buenos Aires.
- Veliz, N. (2018) “Arquitectura en las montañas. Construcción con tierra en Nazareno (provincia de Salta, Argentina)”. *Revista Anales del IAA* N°48(2). En prensa.

- *Yacobaccio, H.D; Madero C. M y Malmierca M. P. (1998). Etnoarqueología de pastores sur andinos. Buenos Aires, Grupo de Zooarqueología de Camélidos.*
- *Zusman, P., C. Hevilla y M. Molina. (2006) "La geografía de los tiempos lentos". En: Nogué J. y Romero J. (eds). Las otras geografías. Tirant Lo Blanc. Valencia.*

## **8. AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a las comunidades de Coranzulí y de Nazareno por abrir las puertas de sus casas y con ellas, las de sus vidas, de cuya riqueza se nutre este trabajo.



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ESCOLA DE ENSINO BÁSICO ELISEU NOBERTO, EM DELMIRO GOUVEIA-AL

*Aline Maria Pereira Nogueira (alinenogueira\_arq@yahoo.com.br); Gabriel Souza Cavalcante (gabriel10cavalcante@gmail.com); Karla Juliana Cordeiro Costa (karlarampjuliana@gmail.com); Leonam Barbosa Reis (leobarbosareis3008@gmail.com); Thauany Alves Pastor (pastorthauany@gmail.com)*

Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Brazil

**Palabras clave:** Método de Áreas, Eficiência Energética, Ambiente Escolar

*A certificação energética proporcionou investimentos em pesquisas e estudos que buscavam melhorar o aproveitamento dos mananciais, minimizando ao máximo o uso desnecessário de energia artificial, garantindo conforto ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o ambiente da Escola Básica de Ensino Eliseu Norberto, no município de Delmiro Gouveia-AL, e sua eficiência energética no âmbito da iluminação e ar condicionado, de acordo com o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. (RTQ-C). Foi aplicado o método de áreas, o qual tem como por objetivo analisar a eficiência energética da Escola, examinando o seu desempenho através da soma total das áreas dos cômodos da edificação, segundo o RTQ-C, com o auxílio do software Web Prescritivo e análise in loco. Para aplicar o método é necessário a determinação da função da edificação, da área iluminada, e da potência limite do edifício, para com isso determinar a eficiência do local. Tendo como base de fundamentação teórica Carlo & Lamberts (2010) e Santos, da Costa & Barros (2014). Desta forma, a Escola Básica de Ensino Eliseu Norberto em Delmiro Gouveia - Alagoas, nos parâmetros de iluminação e ar condicionado, possui nível de eficiência energética B.*

## 1. INTRODUÇÃO

A certificação energética é um modelo utilizado por diversos países, dentre eles o Brasil, que se uniu a esse grupo com a participação do Inmetro e do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Para atender à primeira lei de eficiência energética no Brasil, nº 10.295, que estabelece níveis de eficiência em todo país, em fevereiro de 2009, esse programa lançou o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e estabeleceu os parâmetros para a definição do nível de eficiência de um edifício e posterior fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (CARLO&LAMBERTS, 2010).

Assim, podemos entender como conceito de eficiência energética a otimização do consumo energético na realização de diversas atividades, a fim de, incentivar a redução de custos financeiros e ambientais, além de promover uma conscientização social que proporcionará como produto final uma sociedade mais consciente e sustentável.

Segundo Silva (2015, p.8, apud Procel, 2006) quando se pensa na importância de uma certificação energética no Brasil de forma efetiva e eficaz, não podemos deixar de citar que o consumo de energia elétrica nas edificações corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país e o potencial de redução deste consumo é de 50% para novas edificações

e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações.

A cultura sustentável proporcionou investimento em pesquisas e estudos que procurassem melhorar o uso das fontes de energia. Desta forma, a engenharia civil atende ao cliente de modo que minimize ao máximo qualquer uso desnecessário de energia artificial, garantindo conforto ao ambiente.

A principal motivação deste artigo foi melhorar o uso das fontes de energia e estimular a construção de escolas e edificações eficientes, visto que, o nível de eficiência energética pode resultar em uma melhora da imagem da escola na comunidade, assim como reduzir os custos que poderiam ser investidos para outros fins. Em virtude disso, podemos classificar a escola em níveis energéticos que variam de A-E, ou seja, da mais eficiente (A) até a menos eficiente (E).

Nessa perspectiva, o presente artigo tenciona observar o ambiente da escola de Ensino Básico Eliseu Norberto, em Delmiro Gouveia-AL, e averiguar sua eficiência energética nos âmbitos de iluminação e condicionamento de ar, no intuito de analisar, através do Método das Áreas, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), os níveis energéticos apresentados pela escola.

## 2. METODOLOGIA

A escolhida foi a Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto que está situada na cidade de Delmiro Gouveia, pertencente da região semiárido do Estado de Alagoas e apresentando assim clima quente e seco. Segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2003), evidencia-se que Delmiro Gouveia pertence à Zona 7” (SANTOS, BARROS & COSTA, 2014).

Na escola foi aplicado o Método das Áreas para o sistema de iluminação com o objetivo de analisar a eficiência energética, por meio disso, examina-se o desempenho através da área de todos os cômodos somados da edificação. Dessa forma, se avalia edificações que possuam até três funções ou uma das funções com pelo menos 30% da área em sua totalidade.

O cálculo da eficiência energética, no caso da Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto, foi realizado segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, por meio do software WebPrescritivo. Com isso, realizam-se os procedimentos abaixo:

- a. Identificar a função da edificação, nas condições já citadas, de acordo com o RTQ – C;
- b. Determinar a área iluminada;
- c. Calcular a potência limite do edifício através da multiplicação da área iluminada do edifício pela densidade de potência de limite (DPIL);
- d. Determinar a eficiência através do comparativo entre a potência total instalada no edifício e a potência limite;
- e. Verificar o atendimento dos Pré-requisitos em todos ambientes de acordo com RTQ- C.

Para determinar do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar é necessário conhecer e cumprir alguns pré-requisitos, para que desta maneira se enquadrem no nível de eficiência A. Esses requisitos são fornecidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.

Faixa de Temperatura do Fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100a <200	≥ 200
T ≥ 177	0,046 a 0,049	121	6,4	7,6	7,6	10,2	10,2
122 < T < 177	0,042 a 0,046	93	3,8	6,4	7,6	7,6	7,6
94 < T < 121	0,039 a 0,043	66	3,8	3,8	5,1	5,1	5,1
61 < T < 93	0,036 a 0,042	52	2,5	2,5	2,5	3,8	3,8
41 < T < 60	0,032 a 0,040	38	1,3	1,3	2,5	2,5	2,5

Fonte: RTQ-C

Tabela 2. Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração.

Faixa de Temperatura do Fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100a <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

Fonte: RTQ-C

Além disso, faz-se necessário conhecer as densidades de potência e de acordo com o RTQ-C a identificação da função do edifício, que já é conhecida, e de suas densidades de potência nos níveis A, B e C, são:

Tabela 3. Identificação da função do edifício e densidades de potência

Função do edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m2 (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m2 (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m2 (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m2 (Nível D)
Escola/universidade	10,7	12,3	13,9	15,5

Fonte: RTQ-C

Para obtermos a classificação do nível de eficiência, é obrigatório que os edifícios condicionados artificialmente possuam sistemas de condicionamento de ar com eficiência conhecida. No caso do nosso objeto de estudo, foi analisada a eficiência através de condicionadores de ar que foram averiguados pelo PBE/INMETRO e que estão de acordo com as normas brasileiras. Depois foi feita a análise da marca e do modelo, concluímos que as eficiências energéticas dos condicionadores de Ar estão de acordo com as informações fornecidas pelo INMETRO, obtendo os seguintes dados: capacidade de refrigeração nominal em (BTU/h); eficiência energética e o tipo de etiqueta.

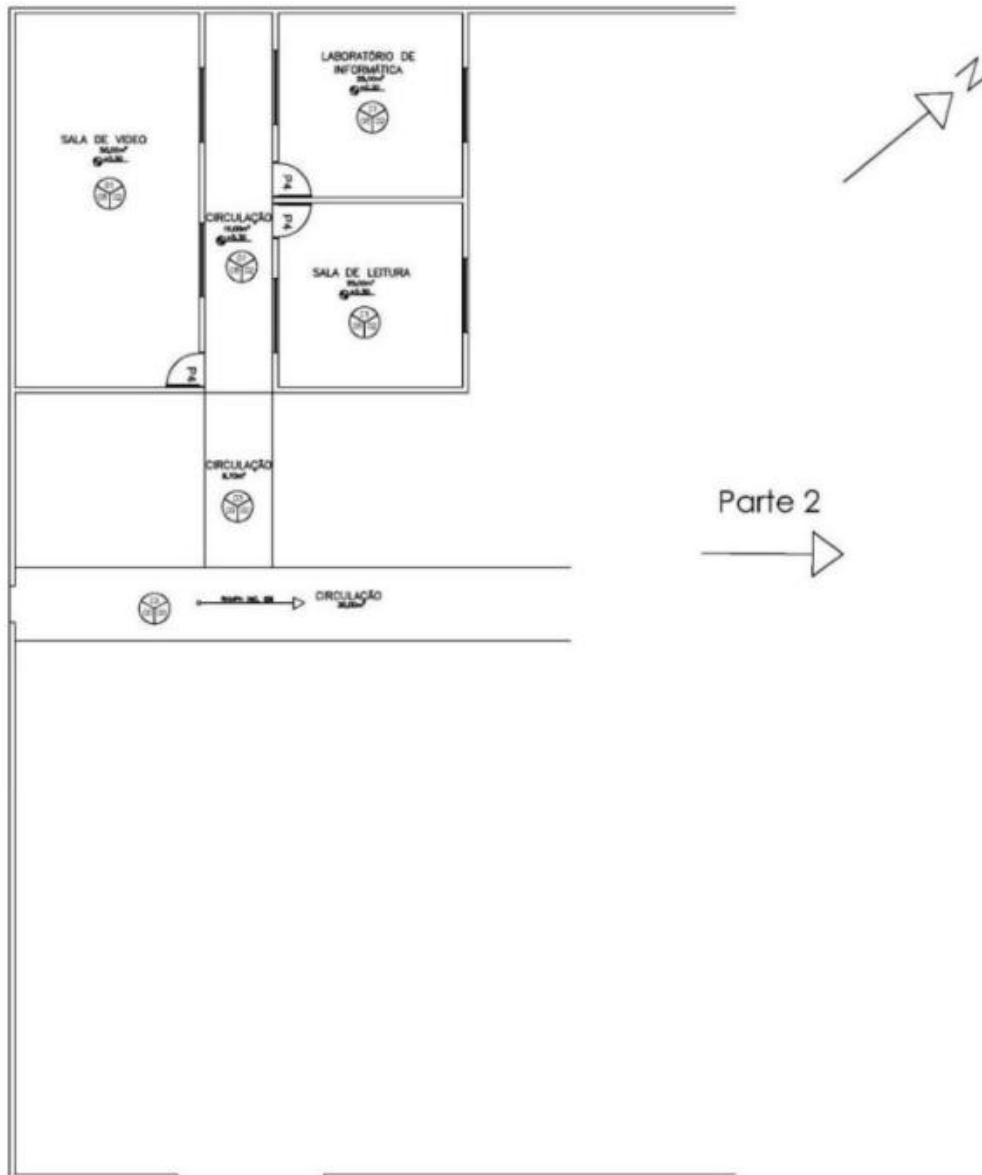
Assim, como o cálculo de eficiência energética de iluminação utilizamos o Software de WebPrescritivo para o cálculo de eficiência energética de condicionamento de Ar, utilizamos o mesmo mecanismo somado aos dados obtidos no site do INMETRO.

### 3. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A quantidade de lâmpada e ar condicionados foi contabilizada in loco e as especificações foram analisadas através da etiqueta do Inmetro presente no equipamento. A escola possui 65 lâmpadas fluorescentes de potência 15V, e 4 lâmpadas incandescentes de potência 40V que apresentam um consumo elevado em comparação à fluorescente, apesar de estar em menor quantidade que as fluorescentes. Além disso, não utilizam lâmpadas de led como pode ser observado na tabela acima. Este tipo de lâmpada tem um custo maior de

aquisição, porém o consumo de energia é muito baixo em relação com as outras duas alternativas já utilizadas, além de ter uma vida útil maior e ser feita de um material mais resistente que o vidro, assim, também oferece maior segurança em casos de acidentes (como ser atingida por um objeto, por exemplo).

As áreas de cada cômodo estão presentes na planta baixa do edifício.



**QUADRO DE ESPECIFICAÇÕES**

**LEGENDA**

PISO	PAREDE	TETO
01 Chapeado com Laminado PVC	01 Revestimento de parede com cerâmica - 30x30x5	01 Teto de gesso com pintura branca
02 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	02 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	02 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
03 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	03 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	03 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
04 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	04 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	04 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
05 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	05 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	05 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
06 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	06 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	06 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
07 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	07 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	07 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
08 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	08 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	08 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
09 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	09 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	09 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
10 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	10 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	10 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
11 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	11 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	11 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
12 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	12 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	12 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
13 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	13 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	13 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
14 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	14 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	14 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
15 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	15 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	15 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
16 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	16 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	16 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
17 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	17 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	17 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
18 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	18 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	18 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
19 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	19 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	19 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
20 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	20 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	20 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
21 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	21 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	21 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
22 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	22 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	22 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
23 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	23 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	23 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
24 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	24 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	24 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
25 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	25 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	25 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
26 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	26 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	26 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
27 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	27 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	27 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
28 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	28 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	28 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
29 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	29 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	29 Tintura de teto com cor branca - 200g/l
30 Laminado de madeira - 18mm - 120x240	30 Tintura de parede com cor branca - 200g/l	30 Tintura de teto com cor branca - 200g/l

**QUADRO DE PORTAS**

TIPO	LARGURA	ALTURA	MATERIAL
P1	0,55	1,50	madeira
P2	0,70	2,10	madeira
P3	0,80	2,10	madeira
P4	0,90	2,10	madeira
P5	0,90	1,50	PVC

**ESCOLA ELISEU NOBERTO**  
 ÁREA TOTAL DO TERRENO: 1.525,81M<sup>2</sup>  
 ÁREA CONSTRUÍDA: 1.036,33M<sup>2</sup>  
 Fonte: Prefeitura Municipal de Delmiro Gouveia - AL  
 Ano: 2018  
 ESCALA: 1/250

Figura 1. Planta Baixa Parte 1, Delmiro Gouveia – AL

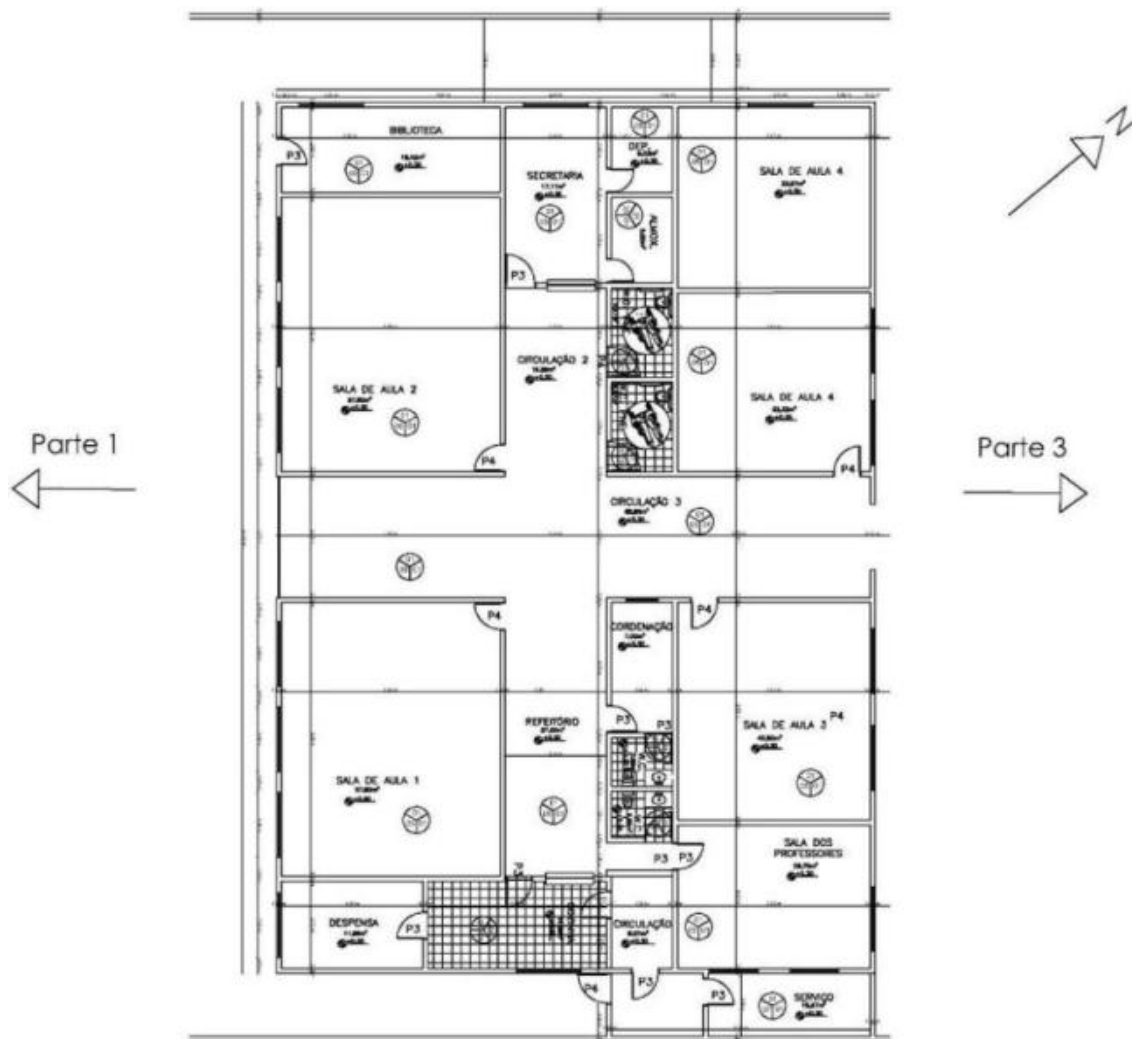


Figura 2. Planta Baixa Parte 2, Delmiro Gouveia – AL



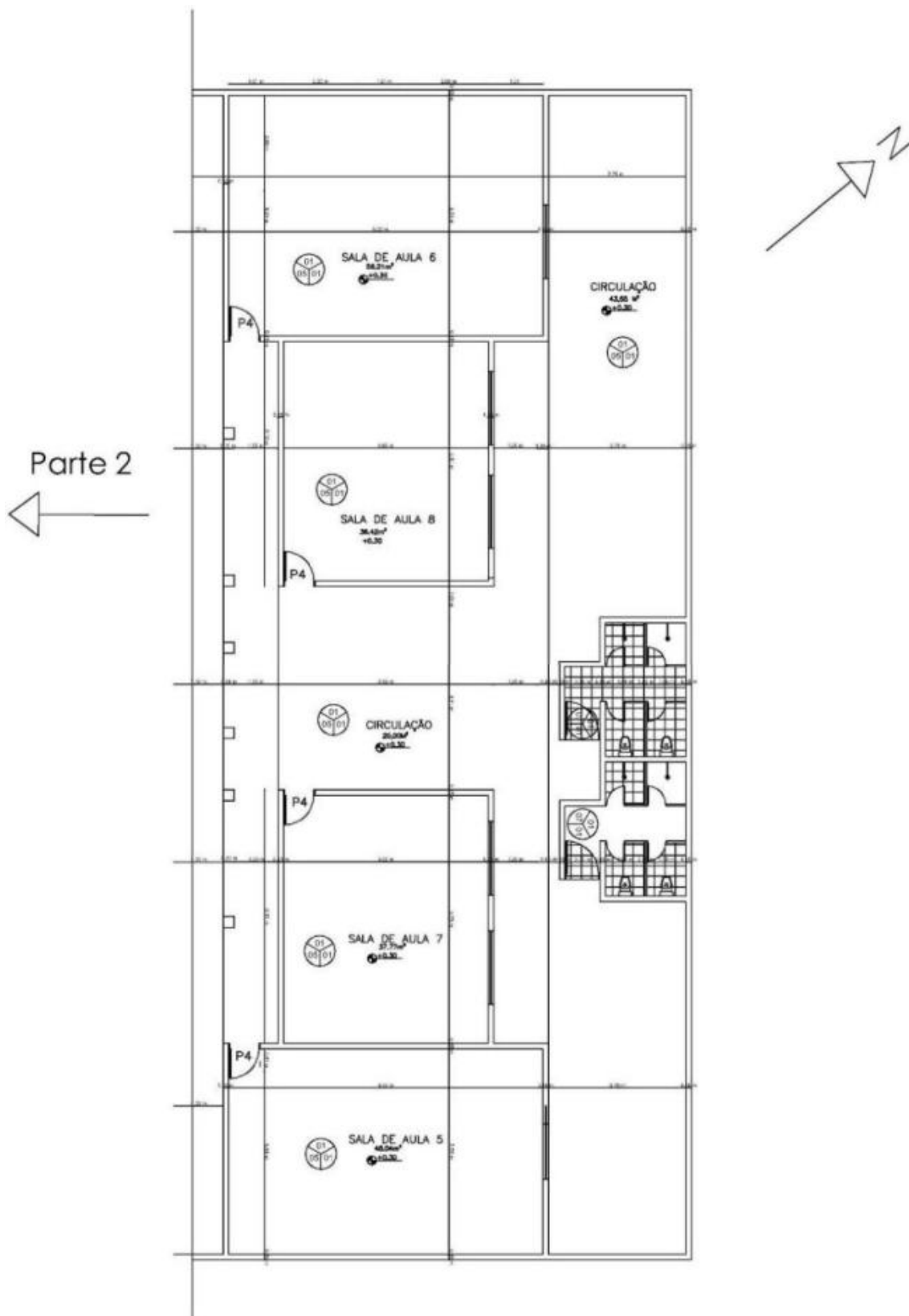


Figura 3. Planta Baixa Parte 3, Delmiro Gouveia – AL

Além disso, as áreas necessárias para utilização do software WEBPrescritivo foram obtidas através da planta baixa disponibilizada pela Prefeitura de Delmiro Gouveia e da averiguação in loco. Os dados de entrada utilizados no software constam na tabela abaixo:

Tabela 5. Dados de entrada para o WebPrescritivo (Método das áreas)

Cômodo	Área (m <sup>2</sup> )	Potência	Contribuição da luz natural	Desligamento automático
Banheiro Feminino1	8	30	Não atendem	Não se aplica
Banheiro Masculino1	8	30		
Sala De Aula1	57,8	90	Atendem	
Sala De Aula2	57,8	105		
Sala De Aula3	40,5	75		
Sala De Aula4	66,9	30		
Sala De Aula5	48,04	60		
Sala De Aula6	56,21	60		
Sala De Aula7	37,77	60		
Sala De Aula8	36,42	75		
Sala Dos Professores + WC	29,55	30	Não atendem	
Coordenação + Wc	9,85	30	Não se aplica	
Banheiro paraDeficiente Masculino	5,27	40		
Banheiro paraDeficiente Feminino	5,27	40	Não atendem	
Laboratório De Informática	25	45		
Sala De Leitura	25	15		
Secretária + Almojarifado+ Depósito	27,2	60		
Biblioteca	18,42	40	Não se aplica	
Cozinha + Dispensa + Serviço	42,53	60		
Sala De Vídeo	50	60	Não atende	
Circulação 1	19	45		
Circulação 2	15,25	30		
Circulação 3	68,85	60		
Refeitório	27,00	30		

Fonte: Autores

Verificou-se que nas salas que eram favorecidas pela iluminação natural, as lâmpadas eram ligadas todas de uma só vez. Uma solução seria ajustar a instalação elétrica destas salas, através do uso racional de divisão de circuitos, pois, quando a iluminação natural diminuísse ao longo do dia, o sistema de iluminação artificial seria acionado por circuitos independentes, gradativamente. Desta forma a iluminação seria economicamente mais adequada.

Após análise do software, a etiqueta gerada foi B.

Para a análise do sistema de condicionamento de ar foram usados como dados de entrada para o WebPrescritivo os seguintes dados:

Tabela 6. Dados de entrada para o WebPrescritivo (Método)

Ambiente	Nº de unidades	Tipo	Capacidade (BTU/h)	Eficiência (W/W)
Sala dos professores	1	Split	9000	3.21
Sala de vídeo	2	Split	7000	3.21
Sala de leitura	1	Split	7000	3.21

Fonte: Autores, Inmetro

Analisados os dados, a etiqueta resultante foi B.

#### 4. CONCLUSÕES

Diante da discussão apresentada, percebe-se a importância da certificação energética como forma de melhorar as fontes de uso de energia. Ao avaliar Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto, observamos que no âmbito de iluminação e condicionamento de ar, a escola se enquadra no nível B, apresentando divisão de circuitos, garantindo um controle do sistema de iluminação interna do ambiente, tirando proveito da iluminação natural existente, através das aberturas que proporcionam a entrada da luz natural. No entanto, a escola não atendeu no requisito de desligamento automático do sistema de iluminação, pois não possui um mecanismo de controle automático da iluminação.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Aprova e regulamenta a revisão dos Requisitos Técnicos da qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ).
- CARLO, J. C.; LAMBERT, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun.2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n2/a01.pdf>. Acesso em 15 de março de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-
- INMETRO. Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas: comercial, de serviço e público. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010\\_RTQ\\_Def\\_Edificacoes-C\\_rev01.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf). Acesso em março de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-
- INMETRO. Manual para aplicação RTQ-C. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual\\_20170411\\_Notas\\_T%C3%A9cnicas%2BCap a. pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCap%20a.pdf) . Acesso em março de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-
- INMETRO. Programa brasileiro de etiquetagem eficiência energética - condicionadores de ar split hi-wall com rotação fixa. Disponível em [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_split\\_hiwall \\_indicenovo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall_indicenovo.pdf). Acesso em março de 2018.
- PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. O que é etiquetagem de edifícios?. Disponível em [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/passo-a-passo\\_9.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/passo-a-passo_9.pdf). Acesso em março de 2018.
- SANTOS, K. P.; DA COSTA, G.M.; BARROS, B. R. Conforto ambiental em instituições de ensino: análise do campus do sertão da UFAL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15. 2014, Maceió
- Anais eletrônicos... Maceió: 2014, INFOHAB. Disponível em: [http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper\\_552.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_552.pdf). Acesso em 15 de março de 2018.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em nossas vidas, aos nossos pais por não medirem esforços em nos ajudar, aos nossos amigos por todo o apoio, e a nossa orientadora Aline Maria Pereira Nogueira por nos auxiliar e confiar em nossas capacidades.

# 3

## **Ciudades: infraestructura, gestión y planificación.**

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## EFFECTOS DE SISTEMAS DE DRENAJE SUSTENTABLES EN NUEVAS URBANIZACIONES

Guillermo Mena ([oguillemena@yahoo.com.ar](mailto:oguillemena@yahoo.com.ar)); Alicia Gamino ([aligamino@hotmail.com](mailto:aligamino@hotmail.com)); Ángel Queizán ([ghidraulica@gmail.com](mailto:ghidraulica@gmail.com)); Rubén Fittipaldi ([ghidraulica@gmail.com](mailto:ghidraulica@gmail.com)); Diego Amiconi ([ghidraulica@gmail.com](mailto:ghidraulica@gmail.com)); Florencia Palmitano ([florencia.cpr@gmail.com](mailto:florencia.cpr@gmail.com)); Paola Soledad Cedrik ([cedrik.ps@gmail.com](mailto:cedrik.ps@gmail.com)); Franco Gimenez ([gimenez.fl@outlook.com](mailto:gimenez.fl@outlook.com)); Lucas Morgante ([ghidraulica@gmail.com](mailto:ghidraulica@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (UTN-FRLP) - Arg.

**Palabras clave:** Sustentabilidad Urbana, Drenajes Pluviales, Impacto Hidrológico, Reservorios de Detención

*El ciclo hidrológico está constituido por distintos procesos interrelacionados entre sí. Cuando el hombre actúa sobre este sistema, puede ocasionar alteraciones que provocan impactos significativos en el propio hábitat.*

*La concentración de poblaciones en pequeñas áreas y el aumento de la periferia de las ciudades de manera descontrolada, sin un adecuado planeamiento urbano, (situación frecuente en Argentina) ocasionan importantes problemas relacionados con la infraestructura, que afectan la calidad de vida de los habitantes y producen serios impactos ambientales.*

*La impermeabilización del suelo provocada por techos, calles, veredas, etc. modifican la respuesta hidrológica frente a las precipitaciones, y requiere la implementación de medidas que tiendan a un manejo racional de los escurrimientos para evitar las consecuencias negativas de esta situación.*

*Las medidas estructurales normalmente adoptadas para mitigar estos efectos, consisten en obras de conducción y evacuación de los desagües, que deben ir creciendo en dimensiones acompañando el aumento progresivo de las urbanizaciones. Sin embargo, los costos involucrados en la reformulación de las conducciones resultan ser de magnitudes tales que en muchos casos su ejecución resulta impracticable*

*En el presente trabajo se propone analizar los efectos de modificar los sistemas de drenaje, incluyendo en cada nuevo predio urbanizado, dispositivos de detención que provoquen que los caudales producidos a la salida del mismo sean del orden de los que había previo al aumento de la impermeabilización provocado por el crecimiento urbano. Esta modalidad de intervención encierra, el concepto de "impacto hidrológico cero", de aplicación creciente en los últimos tiempos constituyendo una forma de contribuir a la mitigación de los problemas de inundaciones urbanas, mejorando la calidad de vida de la sociedad.*

*El análisis se completa con la modelación comparativa de la respuesta hidrológica sobre una ampliación de zona urbana, mostrándose en forma cuantitativa las ventajas de la implementación de esta estrategia de diseño.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades, con diferentes ritmos, se manifiesta en todas las regiones del planeta (Tucci y Bertoni, 2003), en consonancia con la creciente tendencia que presentan las poblaciones a agruparse en torno a las zonas urbanas, buscando las ventajas que representa contar con una mayor disponibilidad de fuentes de trabajo y una mejor cobertura en servicios de educación, salud y esparcimiento.



El proceso de urbanización, ya sea espontáneo o planificado, genera demandas de infraestructura e introduce, en el medio natural, modificaciones que lo impactan desde diversos aspectos y provocan la continua necesidad de observación, control y mitigación.

Una de las perspectivas desde la que puede analizarse este fenómeno es el de los cambios que se producen en las proporciones de las distintas componentes del ciclo hidrológico.

En un medio rural, una importante proporción del agua originada en las precipitaciones se transforma en agua infiltrada en el subsuelo.

Por su parte, la impermeabilización del suelo producto del crecimiento urbano por la interposición de techos, calles, veredas y patios incrementa el escurrimiento superficial. Además, el mismo crecimiento urbano, es usualmente acompañado por la canalización y encauzamiento de los escurrimientos, aumentándose la cantidad y la velocidad de la escorrentía superficial, generando inundaciones diferentes a las que existían en la etapa previa a la urbanización, desafiando reiteradamente la capacidad de los sistemas de drenaje naturales o artificiales pre-existentes.

Una vez que las regiones metropolitanas dejan de crecer en su núcleo, comienzan a expandirse hacia la periferia, y se suceden y multiplican los problemas ocasionados por el traslado hacia aguas abajo de los excedentes pluviométricos.

A medida que aumenta el escurrimiento superficial provocado por el crecimiento de la población en la cuenca, también crece el pico de los hidrogramas generados por la lluvia, pudiendo alcanzar este crecimiento una proporción equivalente hasta 7 veces el valor de los caudales pico, correspondientes a la misma zona sin urbanización (Urbonas y Stahre, 1993).

Esta problemática, de carácter netamente antrópico, se ve particularmente agravada en el área metropolitana de Buenos Aires y en el Gran La Plata, debido a la variabilidad climática que se viene presentando en los últimos tiempos y a las bajas pendientes regionales en las que se produce.

Resulta impensable detener el proceso de urbanización pero sí, en cambio, cabe plantearse qué tipos de medidas pueden adoptarse para mitigar los perjuicios causados por las inundaciones resultantes.

En este aspecto se pueden adoptar dos tipos de medidas: estructurales y no estructurales (Tucci, 2007).

Las medidas no estructurales buscan la reducción de la vulnerabilidad de la población en riesgo a partir del planeamiento y la gestión llevados a cabo antes, durante y después de la catástrofe.

Las medidas estructurales son obras de ingeniería destinadas a reducir el posible impacto de las inundaciones; las soluciones más extendidas para mitigar los efectos hidrológicos que trae aparejada la urbanización tienden a evacuar rápidamente los escurrimientos pluviales, reemplazando el sistema natural de drenaje por elementos artificiales como calles, cunetas, canalizaciones y conductos colectores. Las obras resultantes, en general de costos altos, dependiendo de la ubicación en la cuenca del sector a drenar, de la etapa del proceso de urbanización en que se decide construirlas, y del mayor o menor alcance en superficie saneada, presentan la particularidad de tener una vida útil asociada no sólo a su mantenimiento, sino también a la evolución en el tiempo del propio proceso de urbanización, que puede tornarlas obsoletas en un muy corto plazo.

A este concepto tradicional de evacuación rápida de los excedentes pluviométricos generados en las zonas urbanas se viene agregando en el mundo, el uso de prácticas destinadas a controlar y manejar de otras formas los escurrimientos ocasionados por los

procesos de urbanización. Al conjunto de las medidas adoptadas en esa dirección se las conoce como “Mejores Prácticas de Administración” (Mays, 2004).

En este marco, se propone intercalar en cada nuevo predio urbanizado, dispositivos de detención que reduzcan los caudales a la salida del mismo, con el fin de llevar dichos caudales a valores del orden de los que había previo al aumento de la impermeabilización, y con un cierto retraso respecto a los que se hubieran producido en la cuenca por el efecto antrópico. Esta modalidad de intervención encierra en su seno, el concepto de “impacto hidrológico cero”, de aplicación creciente en los últimos tiempos (Agra, 2001), (Mays, 2004), (Nicholas, 1995), como una forma ingeniosa de contribuir a la mitigación de los problemas de inundaciones urbanas, mejorando la calidad de vida de la sociedad, de manera que los crecimientos de las urbanizaciones resulten sustentables desde el punto de vista de los caudales generados y de las correspondientes obras de drenaje destinadas a acompañar a ese crecimiento urbano.

El propósito del presente trabajo es analizar los efectos de la implementación de estos reservorios en cada uno de los terrenos que componen el barrio de viviendas que conforman una urbanización dada.

## **2. OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar que la implementación de medidas de mitigación “en el sitio” (o a nivel lote) de los problemas causados por los escurrimientos de origen pluvial pueden representar una atractiva alternativa para contribuir a crecimientos urbanos sustentables desde el punto de vista de los desagües pluviales.

### **2.1. Objetivo General:**

Validar las ventajas de la implementación de estrategias innovadoras a gran escala destinadas a mitigar los efectos la modificación del uso del suelo provocada por nuevas urbanizaciones y evitar la propagación de los impactos negativos hacia aguas abajo, de un área en detrimento de otras.

### **2.2. Objetivos Particulares:**

- Comparar cualitativamente los efectos de introducir medidas estructurales en la fuente para el manejo de los escurrimientos en una urbanización.
- Generar antecedentes y metodologías de análisis del fenómeno de los escurrimientos pluviales en nuevas urbanizaciones que sirvan de base para la generación de reglamentaciones municipales o provinciales destinadas a una planificación sustentable del territorio.

## **3. METODOLOGÍA**

Con el objetivo de mostrar los efectos de la implementación de reservorios de detención en un barrio de viviendas, que conforma una ampliación planificada de la trama urbana, se realizará una evaluación pre-post de los caudales generados en el punto de evacuación de los escurrimientos del barrio. Para ello se ha desarrollado una metodología que incluye, en primera instancia, un abordaje en cada terreno y luego se extiende su aplicación a un barrio de viviendas que incluyan dispositivos de detención.

### **3.1. Análisis a nivel terreno:**

#### **3.1.1. Elección de la lluvia de diseño**

Para adoptar la lluvia de diseño se consideran las curvas I-d-R desarrolladas para la estación de Villa Ortúzar sintetizadas en la ecuación 1, utilizada en proyectos de saneamiento hidráulico admitidos por los organismos de la provincia de Buenos Aires:

$$I = \frac{A}{(d+B)^C} \quad (1)$$

- I= intensidad de la lluvia (mm/h)
- d= duración de la lluvia (min)
- A=1360, B=7,8 y C=0,745 coeficientes para una recurrencia de diez años

Utilizando el Método de los bloques alternos se define el hietograma de diseño correspondiente a 1 hora de duración, elegida para analizar el problema. La lluvia elegida se muestra en la tabla 1.

Tabla 1 - Lluvia de diseño obtenida mediante el Método de los Bloques Alternos

Tiempo (min)	P (mm)
0 - 3	1,074
3 - 6	1,188
6 - 9	1,333
9 - 12	1,523
12 - 15	1,780
15 - 18	2,147
18 - 21	2,713
21 - 24	3,687
24 - 27	5,690
27 - 30	11,556
30 - 33	7,698
33 - 36	4,483
36 - 39	3,127
39 - 42	2,397
42 - 45	1,946
45 - 48	1,641
48 - 51	1,421
51 - 54	1,256
54 - 57	1,128
57 - 60	1,025

### 3.1.2. Prediseño de los reservorios a utilizar

Los sistemas de detención a plantear recibirán el agua de lluvia del techo a través del conducto de bajada y tendrán un volumen que permita regular la salida al sistema pluvial a un ritmo menor en función de las características de la descarga a prever. Durante el proceso, el volumen de agua en el reservorio irá variando con el tiempo.

La ecuación diferencial que gobierna el fenómeno puede obtenerse partiendo de la ecuación de continuidad, como indica la ecuación 2:

$$\frac{dV}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t) \quad (2)$$

que representa la variación del volumen V en el tiempo para un reservorio, al cual ingresa un hidrograma de entrada dado por  $Q_e=Q_e(t)$  y del cual sale un hidrograma indicado mediante  $Q_s=Q_s(t)$ .

El hidrograma de entrada  $Q_e$  se obtiene considerando una lluvia que incide sobre la superficie impermeable representada por el techo, que una vez colectada por el sistema de desagüe, ingresa al reservorio.

Se considera que la lluvia incide sobre un techo plano, con drenaje hacia el reservorio materializado mediante una cañería vertical de diámetro 100 mm (suficiente para trasladar los caudales resultantes en el techo hacia el reservorio sin ocasionar ningún retardo en este proceso)

De esta forma, el hidrograma utilizado, multiplicado por la superficie del techo, define el hidrograma de entrada  $Q_e(t)$  al receptáculo retardador propuesto. El intervalo de simulación es de tres minutos, por lo que se considera que la hipótesis de retardo nulo al escurrimiento en el techo es totalmente aceptable (Pilar y Biain, 1999).

El hidrograma de salida del reservorio se calcula según la ecuación 3:

$$Q_s(h) = C \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{2gh} \quad (3)$$

- $D$ =diámetro del orificio de salida (m)
- $h$ =altura de agua en el reservorio (m)
- $C=0,61$  (Soares Cruz et al, 1998)

Se modela el comportamiento del reservorio para un diámetro del conducto de salida de 0,035 m, valor que resulta compatible con la evacuación de un reservorio sin elementos que puedan obstruir la salida.

El elemento de detención estudiado (Queizan et al, 2017) tiene forma cilíndrica, con paredes verticales, fondo horizontal y descarga de fondo mediante una cañería de sección circular, como se esquematiza en la figura 1.

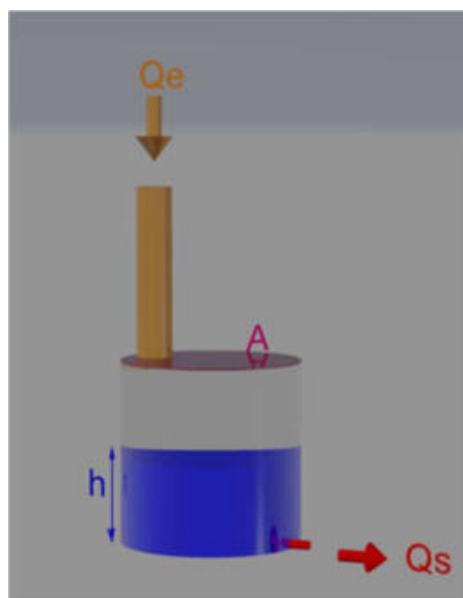


Figura 14. Esquema de Reservorio Cilíndrico

Para este caso, el volumen  $V$  puede expresarse según la ecuación 4:

$$V = h.S \quad (4)$$

- $S$ : área transversal del reservorio cilíndrico ( $m^2$ )

Dado que la altura  $h$  de agua en el reservorio evoluciona con el tiempo, resulta  $Q_s(h)=Q_s(t)$ , tal como consigna la ecuación 2.

La ecuación 2 es una ecuación diferencial ordinaria, y para obtener su solución se adopta la premisa que el reservorio se encuentra vacío al momento de inicio de la lluvia ( $h(0 \text{ seg})=0 \text{ m}$ ). El fenómeno de la evolución de la altura de agua en el reservorio puede ser estudiado como un problema de valor inicial, el que admite diferentes formas de resolución. Debido a que uno de los datos ( $Q_e(t)$ ) está dado en forma discreta, no es posible aplicar métodos exactos para resolver la ecuación 2. Para el presente trabajo se utiliza una metodología numérica de solución, eligiéndose, dentro de los múltiples métodos de soluciones aproximadas para problemas del valor inicial, el Método de Runge Kutta clásico de 4° Orden, ya que es uno de los más utilizados por aportar un menor error en el cálculo.

Para un techo de  $50 \text{ m}^2$ , se ha seleccionado un valor de  $S=0,7 \text{ m}^2$ , analizándose, para la lluvia de diseño, la altura máxima del reservorio que resulte compatible con la máxima altura  $h$  que se obtiene de la modelación matemática, calculándose correspondientemente los volúmenes de reservorio necesario y el efecto atenuador de los caudales pico provocado por la interposición del dispositivo.

La aplicación de la metodología descrita permite obtener un prediseño del reservorio, el que se considera cilíndrico con una altura de  $1,30 \text{ m}$  y una superficie horizontal de  $0,70 \text{ m}^2$ , dimensiones que resultan compatibles con la superficie del techo y con la lluvia de diseño elegida

### 3.2. Análisis a nivel barrio de viviendas:

#### 3.2.1. Elección del barrio de viviendas a analizar

Con el propósito de analizar los efectos de la construcción de dispositivos de detención en múltiples lotes que conforman un barrio, se diseña un amanzanamiento regular compuesto de 12 bloques, en el que cada manzana contiene 16 lotes de  $10 \text{ m}$  de frente y  $20 \text{ m}$  de fondo, como el que se muestra en la figura 2, en la que también se han indicado las cotas de esquina adoptadas:

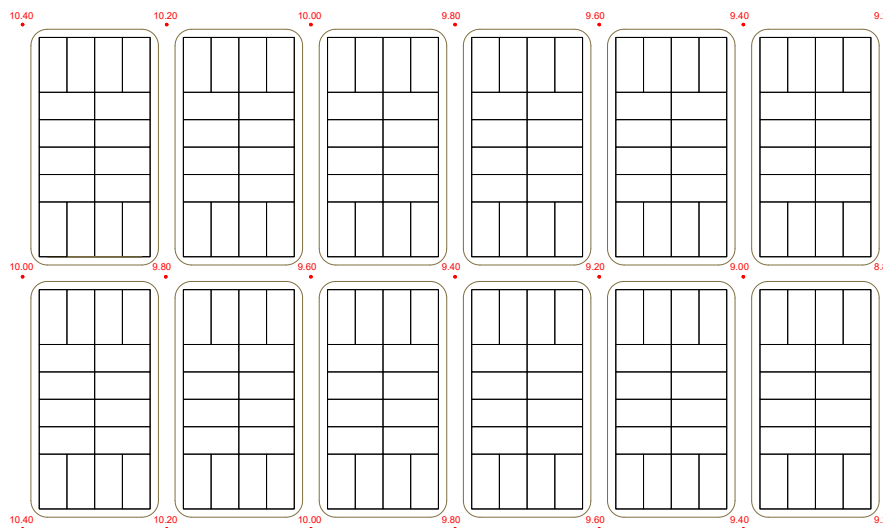


Figura 15 - Planialtimetría del Barrio de Viviendas a Modelar

Desde el punto de vista de los desagües, se ha adoptado una trama regular, simétrica, con escurrimientos hacia la calle central, en la que la topografía lleva los excedentes pluviométricos desde la izquierda de la figura hacia la derecha.

Los escurrimientos superficiales son encauzados mediante obras de cordón cuneta que rodean a cada una de las manzanas propuestas.



Consecuentemente con lo indicado en el apartado destinado al prediseño de los reservorios, en cada lote se considera que la impermeabilización se materializa mediante una vivienda de una sola planta y de 50 m<sup>2</sup> de superficie.

### **3.2.2. Escenarios a modelar**

El primero de los escenarios a analizar está compuesto por el amanzanamiento mostrado en la figura 2, con la vivienda de 50 m<sup>2</sup> descrita, ocupando cada uno de los terrenos del barrio, y con un escurrimiento directo desde las bajadas de los techos hacia los cordones-cuneta ubicados en el frente de cada lote.

El segundo de los escenarios incluye el mismo amanzanamiento, con las mismas viviendas, pero con los escurrimientos de cada bajada de techo interceptados por dispositivos de detención cilíndricos apoyados sobre el piso, previo a su desagüe hacia los cordones-cuneta que conforman la primera etapa del sistema público de desagües del barrio.

### **3.2.3. Modelización**

Para realizar la modelización de los dos escenarios descritos, se utiliza el programa Stormwater Management Model (SWMM) de la Agencia de Protección del Medio Ambiente del gobierno federal de Estados Unidos (EPA). Este programa es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular la cantidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El SWMM representa el comportamiento de un sistema de drenaje mediante una serie de flujos de agua, y cada uno de los componentes del sistema de desagües se modeliza mediante objetos diferenciados. El programa está compuesto por un conjunto de módulos que tienen distintas funciones.

- El módulo de escorrentía de SWMM funciona con una serie de subcuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía.
- El módulo de transporte de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores.
- El módulo de calidad permite seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada subcuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la concentración de un compuesto en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.
- Con el propósito de lograr una simulación detallada del proceso de transformación de lluvias en escorrentías y de los efectos de intercalar en cada lote, y previo a su descarga en el sistema público de desagües, reservorios cilíndricos de detención; los datos en el programa se cargan considerando:
  - Que cada terreno de 10 m x 20 m es una subcuenca, en la que, a los efectos de considerar la impermeabilización, se incluyen los datos correspondientes a cada una de las viviendas de 50 m<sup>2</sup> indicadas.
  - Que cada subcuenca descarga en el sistema público de desagües (primer escenario) o en reservorios de detención cilíndricos apoyados sobre el piso, con descarga final al sistema público de desagües (segundo escenario).
  - Que cada tramo de cordón cuneta es representado por una canal con sección transversal triangular.
  - Que a partir de los puntos en los que los canales representativos de los cordones cuneta son desbordados en su capacidad, el escurrimiento es captado mediante sumideros (representados en el programa mediante vertederos laterales) con descarga hacia conductos circulares enterrados con traza ubicada en el eje de las calles.

- Que en el punto de desagüe de los conductos proyectados el escurrimiento se desarrolla como una descarga libre.

El esquema del barrio modelado en el programa SWMM tiene el aspecto que muestra la figura 3.

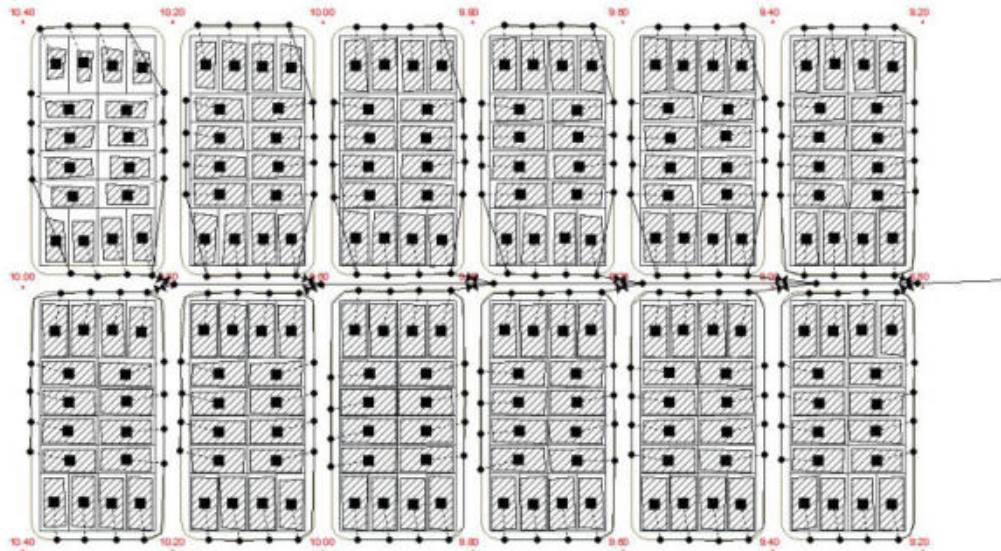


Figura 16. Barrio modelado sin Reservorios

Una vez incorporados los reservorios en cada uno de los terrenos del barrio, el esquema de la modelación de los escurrimientos, es como se muestra en la figura 4:

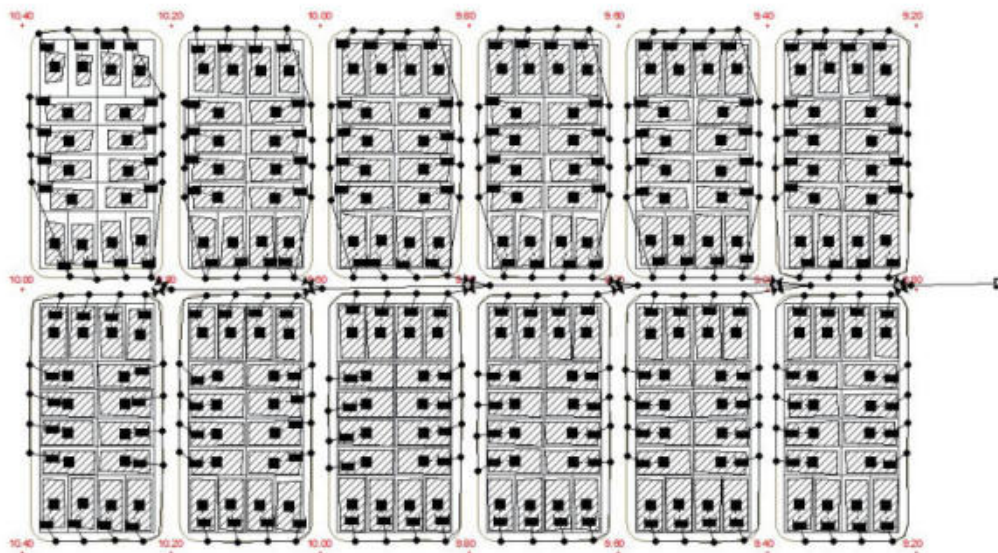


Figura 17. Barrio modelado con Reservorios

#### 4. RESULTADOS

En la figura 5 se muestran los hidrogramas correspondientes al punto de descarga de los conductos para el barrio sin reservorios y para el escenario con reservorios en cada lote.

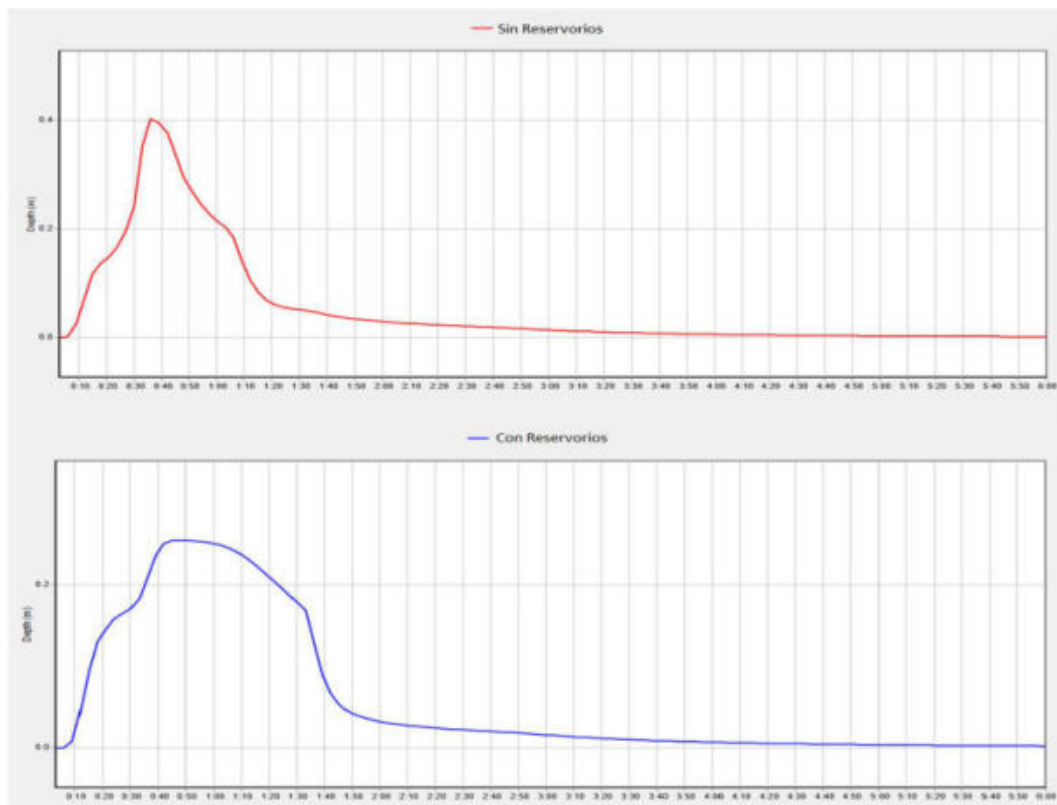


Figura 18 . Hidrogramas resultantes para barrio sin y con reservorios

En la figura 6 se aprecia la superposición de los dos hidrogramas, evidenciándose la atenuación en los picos de los hidrogramas obtenida y el correspondiente retardo.

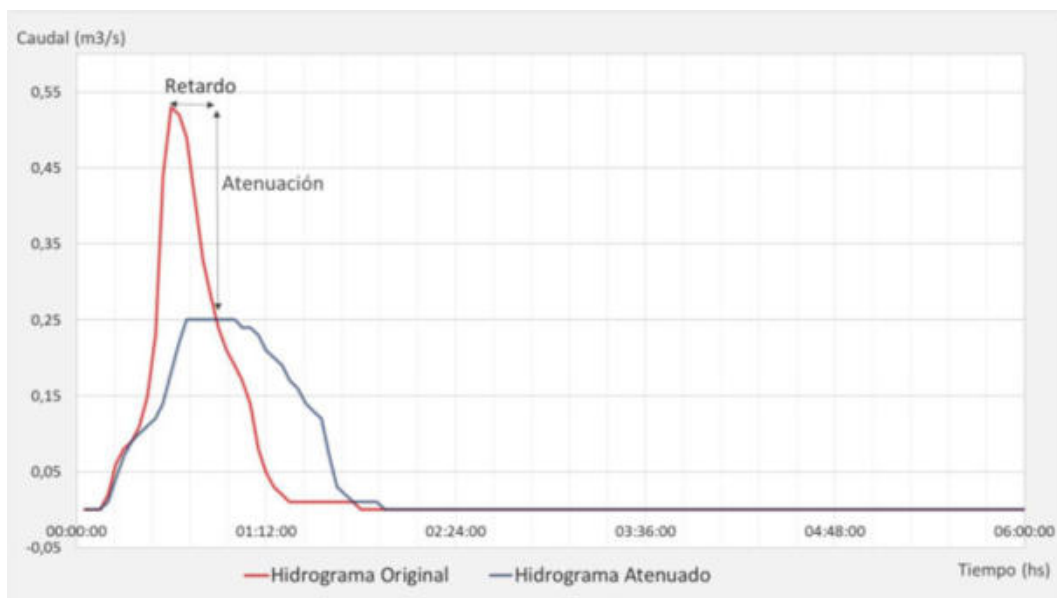


Figura 19. Superposición de hidrogramas

De los valores obtenidos en la modelización se han cuantificado los efectos en los caudales logrados con la interposición de los reservorios, resultando una atenuación del 47 % y un retardo del pico de 18 minutos.

## 5. DISCUSIÓN

El resultado alcanzado evidencia la conveniencia de utilizar esta forma de tratamiento de los desagües en núcleos urbanos como el analizado y, frente a esa alternativa, cabe preguntarse si resultaría más conveniente plantear un único reservorio, generalmente

enterrado, que atenúe los escurrimientos del barrio en su conjunto. Sin embargo, esta última solución no sólo puede resultar más onerosa, sino que requiere contar con un espacio suficiente para su implantación (no siempre disponible) y sistemas de bombeo ocasionando un costo asociado a los equipos y a su posterior mantenimiento en el tiempo.

Por otro lado, la solución en cada lote individual, se entiende que incentiva el compromiso del propietario del terreno, que por otro lado es quien origina el aumento de la impermeabilización, en contribuir al mejor funcionamiento de las redes públicas de desagüe y eventualmente disminuir las inversiones públicas en el trazado de nuevas conducciones o ampliación de las existentes.

## 6. CONSIDERACIONES FINALES

Medidas estructurales como las propuestas, se vienen utilizando en forma creciente en países más desarrollados, y forma incipiente en el nuestro, con el objetivo de propender hacia el propósito de lograr el denominado “impacto hidrológico cero”, contribuyendo al logro de urbanizaciones sostenibles.

En cuanto a las cuestiones económicas, no analizadas en esta instancia, es de esperar que de su aplicación deriven resultados en la misma dirección, es decir en economías en las redes urbanas de desagües.

Una vez evidenciadas las ventajas técnico-ambientales asociadas a la utilización de estos dispositivos a nivel predio, queda manifiesto que el tratamiento de los escurrimiento merece un análisis más profundo dado que no puede desconocerse que, si bien los costos son reducidos con respecto al valor de la vivienda que conforma la nueva urbanización, su implementación requiere inversiones no previstas y resignar un espacio dentro del predio.

Teniendo presentes estas consideraciones, resulta necesario concientizar a los usuarios sobre los alcances y beneficios de los reservorios propuestos y, al mismo tiempo, desde la órbita institucional o pública, debe complementarse con reglamentaciones que regulen e incentiven su implementación, ya sea mediante controles o beneficios en las tasas e impuestos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agra, S. (2001). *Estudo experimental para microrreservatórios para controle do escoamento superficial. Brasil*
- Leopold, L. (1968). *Hydrology for urban land planning - a guidebook on hydrologic effects on urban land use. Geological Service (U.S.A.). Estados Unidos de Norteamérica.*
- Mays, I., (2004). *Urban stormwater management tools. Estados Unidos de Norteamérica. Mc Graw – Hill.*
- Nicholas, D (1995) *On-site stormwater detention: improved implementation techniques for runoff quantity and quality management in Sidney, Australia.*
- Pilar, J ; Biain (1999) *Estudio de la viabilidad técnica de la implantación de retardadores de escurrimiento pluvial en lotes urbanos. Argentina.*
- Queizán, A et al (2017) *Dispositivos de Detención a Nivel Predio para mejorar Sistemas de Desagües Pluviales Urbanos. Argentina.*
- Secchi, A.; Mazzón, R (2000) *Nuevas tecnologías para contribuir a la solución de inundaciones en grandes ciudades”, Instituto Nacional del Agua, Centro Regional Litoral. Argentina.*
- Soares Cruz; Tucci, C; Da Silveira, (1998) *Controle do Escoamento com Lotes de Detenção em Lotes Urbanos. Brasil.*
- Tucci, C; Bertoni, J (2003) *Inundações Urbanas na América do Sul. Brasil. Associação Brasileira de Recursos Hídricos*

- 
- *Tucci, C. (2007) Gestión de Inundaciones Urbanas. Brasil. Editora Evangraf Ltda.*
  - *Urbonas B, Stahre, P (1993) Stormwater Best Management Practices and Detention for Water Quality Drainage. Estados Unidos de Norteamérica.*



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# ANÁLISIS DE INSERCIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA DE BAJA ESCALA DE POTENCIA EN UNA RED URBANA DE MEDIA TENSIÓN EN EL MARCO DEL PROGRAMA PROSUMIDORES DE LA PROVINCIA DE SANTA FE

Ulises Manassero ([ulisesmanassero@hotmail.com](mailto:ulisesmanassero@hotmail.com)); Diego López ([dclopez@frsf.utn.edu.ar](mailto:dclopez@frsf.utn.edu.ar)); Juan Marcos Banegas ([jmbanegas@frsf.utn.edu.ar](mailto:jmbanegas@frsf.utn.edu.ar)); Mariano Nicolau ([marianonicolau@outlook.com](mailto:marianonicolau@outlook.com)); Esteban Salvetti ([esteban.salvetti@gmail.com](mailto:esteban.salvetti@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF) - Arg.  
Universidad Nacional del Litoral; Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UNL-FADU) - Arg.

**Palabras clave:** Generación Fotovoltaica, Prosumidor, Red de distribución, Generación Distribuida

*Las políticas energéticas mundiales, focalizadas en la eficiencia energética y la descarbonización de la matriz energética, posicionan a la generación fotovoltaica distribuida de baja potencia como una alternativa efectiva para el desplazamiento de la generación fósil convencional, sumado a los importantes ahorros en pérdidas de energía en las redes de alta y media tensión y a la participación del usuario final en su nuevo rol de "prosumidor". En este contexto, este trabajo analiza la integración de generación fotovoltaica de baja escala de potencia en una red de distribución de 13,2 kV, considerando los requerimientos y restricciones del programa Prosumidores impulsado por la provincia de Santa Fe, Argentina. Los resultados obtenidos de las simulaciones de flujos de potencia evidencian que los porcentajes admisibles de inserción de energía fotovoltaica de baja escala en prosumidores residenciales se encuentran en el rango del 47-83% respecto a la energía anual demandada por el sistema de distribución analizado.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La generación solar fotovoltaica (GFV) se apoya en una de las industrias más dinámicas dentro de las fuentes de energía renovable, con mejoras continuas en su tecnología, aumentos en la escala de fabricación y reducción constante de sus costos. Dentro de todas las tecnologías de generación, la fotovoltaica (FV) ha mostrado las tasas de crecimiento más elevadas en instalación y puesta en servicio en los últimos años. Entre 2000 y 2016, los desarrollos en energía solar fotovoltaica crecieron a una tasa promedio anual del 44% (IRENA, 2017). En 2016, las fuentes de GFV representaron cerca del 47% de la nueva generación renovable, siendo China el país que lidera la mayor parte de las nuevas

instalaciones. Al menos 17 países del mundo abastecen por lo menos el 2% de su demanda energética anual con GFV, destacándose Honduras (9,8%), Italia (7,3%), Grecia (7,2%) y Alemania (6,4%) (REN 21, 2017). Además, dentro de la generación renovable, la energía solar es la que genera mayor empleo a nivel mundial. Entre 2009 y 2016, los precios de los módulos han disminuido en un 80-85%. En sistemas FV grandes, los costos totales de instalación y el costo nivelado de la energía cayeron 65% y 67%, respectivamente. En el ámbito de los sistemas de baja potencia para aplicaciones residenciales se registran reducciones similares. Por ejemplo, en el período mencionado, los costos de la energía FV se redujeron en un 45% en ciudades de California y un 66% en ciudades alemanas (IRENA, 2016).

La mayoría de las nuevas incorporaciones FV de los últimos años son del tipo “on-grid”; y aunque en mayor proporción corresponden a sistemas centralizados, una parte importante corresponde a sistemas descentralizados de baja potencia. En Alemania, por ejemplo, el 80% de la potencia FV instalada se encuentra conectada a redes de distribución (Stetz, 2016).

En un esquema de integración masiva de GFV distribuida, y principalmente cuando ingresa de forma rápida, se hace necesario estudiar las restricciones en la capacidad de operación de la red, de modo de prever futuras ampliaciones y posibles márgenes en los límites operativos. Por ejemplo, fue un problema en China y otros países durante 2016 (REN 21, 2017), donde debió modificarse la infraestructura para acompañar a la nueva generación. Por otro lado, en redes de distribución donde la GFV es importante, surgen nuevas estrategias de operación y despacho de energía que pueden modificar de manera significativa los modos de operar el sistema (IRENA, 2017).

Argentina también registra un interés creciente por la GFV, pero su contexto legal y económico es diferente al de otros países, y por ello los avances son significativamente más lentos. En lo referido exclusivamente a generadores de baja potencia, actualmente el país cuenta con una ley nacional de generación distribuida (Ley 27.424) recientemente aprobada, donde se fijan lineamientos para que cualquier usuario de la red eléctrica pueda autogenerar energía mediante fuentes renovables y eventualmente inyectarla a la red. Aunque esta ley es nacional, no todas las provincias adhirieron aún.

Santa Fe es una de las primeras provincias argentinas en fomentar la autoproducción FV, que comenzó a aplicar una regulación hace ya varios años, y dispone actualmente de lineamientos técnicos y comerciales impartidos por la empresa distribuidora (EPESF). Por otro lado, se espera que esta actividad se incentive aún más mediante el “Programa Prosumidores” (Prosumidores 2.0), el cual fija tarifas diferenciales e incentivos económicos a aquellos usuarios que autogeneren energía mediante generadores propios de origen renovable. Este programa está apoyado por un financiamiento de la instalación que permite reducir el período de repago de los generadores. Bajo este contexto provincial, se ha comenzado a estudiar el impacto de una potencial inserción masiva de GFV en la red de distribución, tanto desde el punto de vista económico (Sangoi E, et al 2017) como técnico (Sangoi E, et al 2016), considerando particularmente en este último caso los impactos sobre la red de distribución.

Este trabajo propone analizar la integración de GFV de baja potencia en una red de distribución primaria de 13,2 kV, considerando especialmente requerimientos y restricciones del Programa Prosumidores impulsado por la provincia de Santa Fe (Argentina).

## 2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para evaluar el impacto de la inserción masiva de GFV en una red típica de distribución consistió en modelar una red urbana de 13,2 kV estándar de la ciudad de Santa Fe con configuración de operación radial que consta de 4 distribuidores que abastecen un total de 31 subestaciones transformadoras (SETs). La demanda en los distribuidores se ajusta y reparte en las distintas SETs, para niveles de carga conocidos según la cantidad de usuarios y la energía anual demandada por cada SET. En cada nodo se aplicó un perfil de carga semanal típico correspondiente al distribuidor del cual se abastece y a la estación del año correspondiente a la simulación (Figuras 1 y 2), cuyas curvas fueron normalizadas y luego ajustadas por factores de escalado.

En las evaluaciones de inserción de GFV, para cada distribuidor se definieron escenarios extremos de pico y valle de demanda con el propósito de determinar el estado de carga de la red más desfavorable para la inserción de la generación renovable de baja escala de potencia.

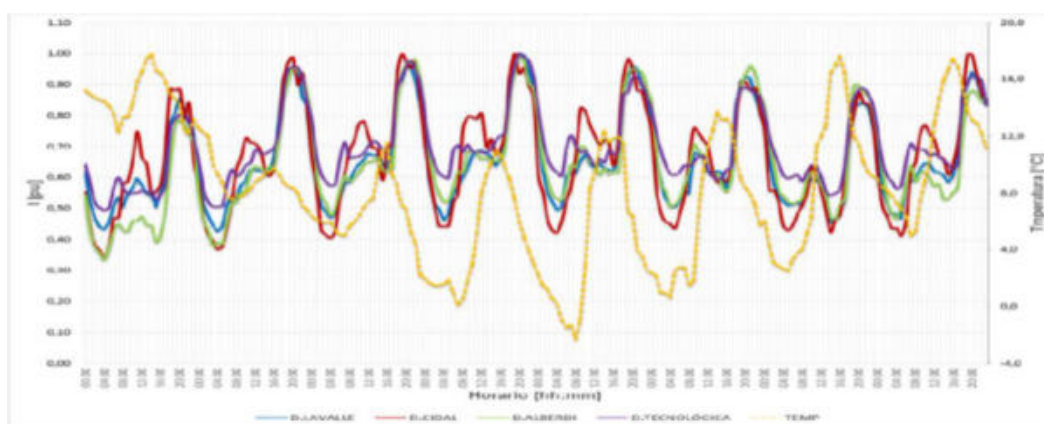


Figura 1: Perfiles de carga de distribuidores de 13,2 kV –Escenario Invierno

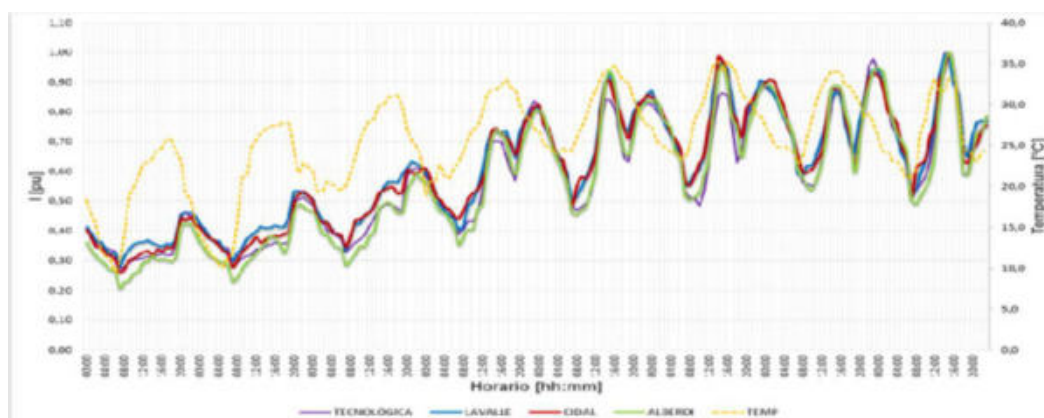


Figura 2: Perfiles de carga de Distribuidores de 13,2 kV –Escenario Verano

Para el análisis de la inserción de generación FV de baja potencia se supuso la conexión, en cada nodo de 13,2 kV, de un GFV equivalente a un conjunto de prosumidores residenciales vinculados a la SET en cuestión. Para ello, se adoptan los siguientes supuestos:

- Solo usuarios de tipo residencial existentes en la red estudiada instalan GFV.
- El módulo de potencia nominal del GFV por Prosumidor es de 1,8 kW.

El estudio se realizó mediante sucesivas simulaciones de flujos de carga efectuadas con el software NEPLAN. En cada simulación se incrementó progresivamente la potencia de la GFV por nodo en base a la ecuación (1) y considerando el nivel de inserción evaluado (porcentaje de usuarios residenciales que instalan GFV).

$$P_{gen} = \%_{UGen} \times \text{Cantidad de usuarios residenciales de la SET} \times P_{nom} \quad (1)$$

Donde:

- $\%_{UGen}$ : Porcentaje de usuarios residenciales que instalan GFV
- $P_{nom}$ : Módulo de Potencia unitario del sistema de GFV de cada Prosumidor (en este caso 1,8 kW).

Para la región analizada, los cálculos de los perfiles de generación de potencia anual de los sistemas fotovoltaicos se realizaron en base a los registros históricos de irradiancia solar global y temperatura ambiente existentes en la base de datos internacional Soda-Pro (SODA-PRO). A partir de esta información, se calcularon además las siguientes variables de

la GFV: i) la producción anual de energía, ii) el factor de carga (relación entre la energía generada y la teórica factible de generar según la potencia nominal del GFV), iii) las horas anuales de generación, y iv) el factor de disponibilidad (horas efectivas de operación del GFV con respecto al período de estudio). Luego, se conformaron los perfiles de GFV semanales tanto para verano como para invierno (Figura 3 y 4), que posteriormente fueron incorporados en los modelos de GFV equivalentes de cada SET.

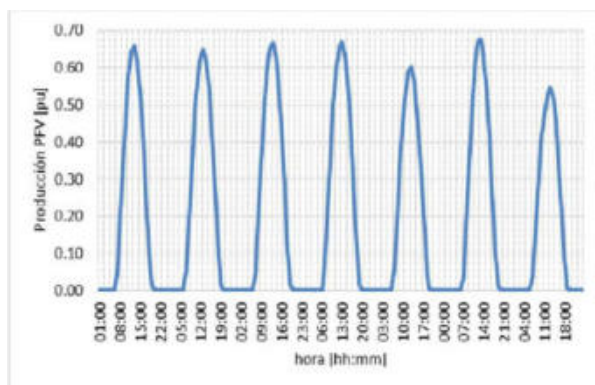


Figura 3: Perfil de GFV semanal de verano

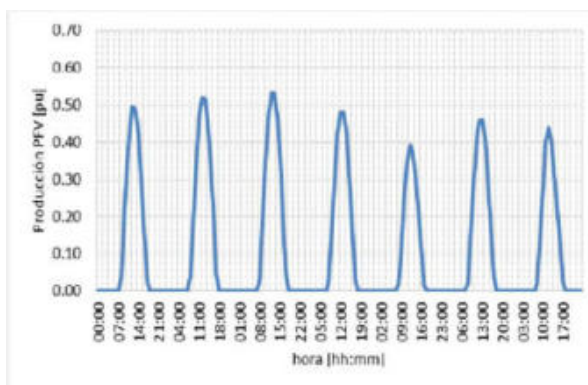


Figura 4: Perfil de GFV semanal de invierno

## 2.1. Hipótesis adoptadas en el estudio

En el modelado, simulaciones y condiciones de contorno del estudio, se adoptaron las siguientes hipótesis:

- Los niveles de calidad del producto técnico están basados en las reglamentaciones que rigen en Argentina (CAMMESA, 2017).
- Los límites de capacidad de transmisión de potencia de las líneas aéreas de 13,2 kV están basados en los límites de carácter térmico-mecánico impuestos por sus conductores.
- La configuración de la red distribución de 13,2 kV estudiada es aquella utilizada con mayor frecuencia cuando la red opera en condiciones normales.
- Factor de potencia de las demandas igual a 0,90 inductivo.
- GFV residencial con inyección de energía a la red a factor de potencia unitario (EPESF, 2013).
- El módulo de potencia de GFV por cada usuario residencial se determina según requerimientos del programa Prosumidores 2.0 (Subsecretaría de Energías Renovables, 2018).
- Los escenarios de demanda pico se obtienen a partir del percentil 95 de las potencias máximas diarias del último año móvil de cada distribuidor.
- Los escenarios de demanda valle se obtienen a partir del percentil 50 de las potencias medias diarias del último año móvil de cada distribuidor.

## 2.2. Descripción de la Red de distribución modelada

Los estudios de inserción de GFV se realizaron sobre una red de distribución estándar de tipo urbana residencial de la ciudad de Santa Fe. La red de estudio se compone por cuatro distribuidores de 13,2 kV cuyas características técnicas se presentan en la Tabla 1.

Este conjunto de distribuidores se vincula a un Centro de Distribución (CD) en 13,2 kV (CD GÜEMES), el que a su vez es abastecido desde dos alimentadores subterráneos (400 Al-XLPE) de 2,6 km de longitud, provenientes de la Estación Transformadora (ET) 132/33/13,2 kV (ET CALCHINES). En la Figura 5 se puede observar la traza de los distribuidores y la ubicación de las SETs abastecidas.



Tabla 1: Características de los distribuidores

Distribuidor	TECNOLÓGICA	LAVALLE	CIDAL	ALBERDI
Numero de SETs 13,2/0,4 kV	9	9	8	5
Longitud troncal [km]	2,59	3,03	1,88	2,04
Tipo de Conductor	70 Al y 95/15 Al/Ac	70 Al, 95/15 Al/Ac y 35 Cu	70 Al y 120 Cu/Api	70 Al
Potencia pico [MVA]	4,22	2,89	3,71	1,88
Potencia de valle [MVA]	1,95	1,36	1,55	0,79
Número de usuarios residenciales	1.565	1.927	1.449	1.218
Energía media anual consumida [MWh]	11.442	9.825	5.979	5.765



Figura 5. Imagen Satelital de la zona de estudio con las trazas de los distribuidores

### 2.3. Modelado de la Red de distribución

Para realizar el modelado de la red de distribución de 13,2 kV se utilizó el software NEPLAN, versión 5.3.51. La Figura 6 muestra el modelo final implementado de la red. A partir del modelo base se realizaron sucesivas simulaciones de flujos de carga semanales. Los diferentes casos de estudio contemplaron análisis de la red para una semana típica de verano y otra de invierno.



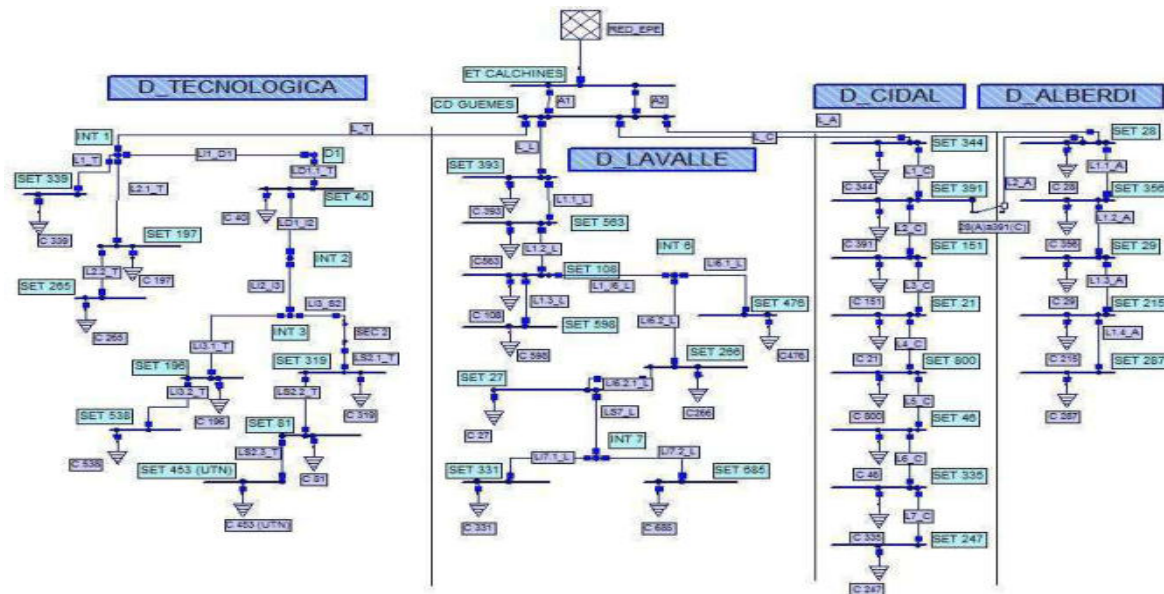


Figura 6. Modelado de la Red de distribución

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las simulaciones de flujos de carga semanales (verano e invierno para escenarios de pico y valle de demanda), se obtuvieron las potencias máximas globales de GFV admitidas en la red de estudio. Luego, con el propósito de analizar su participación relativa en el sistema, se definieron diferentes factores de inserción. Cabe destacar que para ambos escenarios de demanda, las restricciones de potencia FV se debieron a las sobretensiones en los nodos de demanda más alejados del CD Güemes.

#### 3.1. Nivel de inserción de GFV

##### 3.1.1. Nivel de inserción en términos de cantidad de Prosumidores

A partir de la ecuación 2 se obtiene el nivel de inserción de GFV de acuerdo a la cantidad de Prosumidores Residenciales admitidos con relación al total de usuarios residenciales existentes en la red de estudio.

$$\%I_{RES} = \frac{n^{\circ} \text{ de usuarios GFV distribuidor}}{n^{\circ} \text{ de usuarios residenciales por distribuidor}} \times 100 \quad (2)$$

Considerando módulos de 1,8 kW de GFV por cada prosumidor, para condiciones de pico de demanda de los distribuidores, se obtuvo un %I<sub>RES</sub> de 150% en el escenario de verano y de 180% en invierno. Con mayores restricciones, frente a escenarios de valle de demanda, los %I<sub>RES</sub> se reducen a 127% y 152% para escenarios de verano e invierno respectivamente.

Estos niveles de %I<sub>RES</sub> demuestran que la red está en condiciones de permitir una conversión completa del total de usuarios residenciales consumidores a prosumidores, e inclusive podrían añadirse un 27% más de prosumidores según el caso más restrictivo, correspondiente al escenario valle de verano, o bien permitir que los prosumidores residenciales existentes instalen módulos de potencia superiores a 1,8 kW.

Debido a la clara diferencia existente entre los niveles de inserción admitidos en el escenario de invierno con respecto al de verano, se procede a mostrar análisis, conclusiones y resultados de este último exclusivamente, ya que arroja los valores más conservadores.

### 3.1.2. Inserción de GFV prosumidores residenciales en términos de aporte de energía

En términos energéticos, la participación de la GFV en la red se define a partir de la relación entre la energía anual aportada por la generación renovable y la energía total consumida por el sistema. El porcentaje de inserción de la GFV, en términos energéticos (%I<sub>E</sub>), se obtiene a partir de la ecuación (3).

$$\%I_p = \frac{P_{fv-ans}}{P_{Max}} \times 100 \tag{3}$$

- $P_{fv-ans}$ : Energía anual fotovoltaica generada en el distribuidor y/o sistema
- $P_{Max}$ : Energía anual consumida en el distribuidor y/o sistema

En la Figura 7 y en la Figura 8 se presentan los %I<sub>E</sub> por distribuidor en función de la tensión en el nodo más comprometido de la red para escenarios de pico y valle de verano. El distribuidor LAVALLE se destaca por su mayor sensibilidad en la variación de tensión en sus nodos ante el incremento de potencia inyectada por la GFV, siendo el primero en manifestar niveles de tensión en alguno de sus nodos por encima de los valores admisibles (condiciones de sobretensión en la SET 331 que abastece este distribuidor).

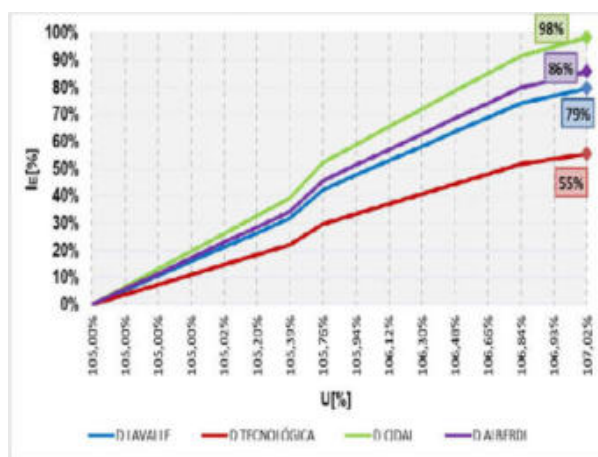


Figura 7: Sensibilidad de Inserción de GFV en términos energéticos en función al voltaje máximo registrado en nodos de cada distribuidor. Escenario pico de verano

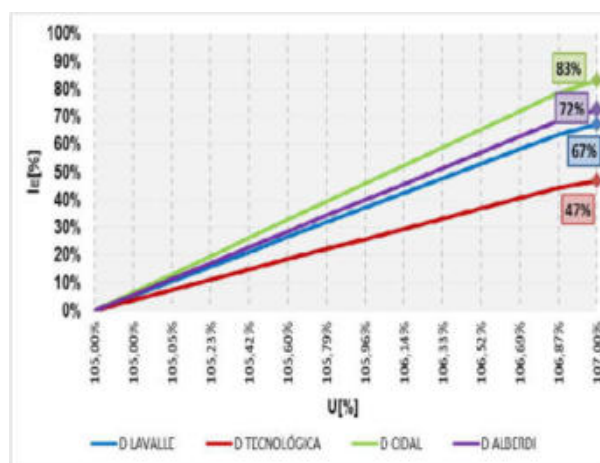


Figura 8: Sensibilidad de inserción de GFV en términos energéticos en función al voltaje máximo registrado en nodos de cada distribuidor. Escenario valle de verano.

Ante la restricción impuesta por las condiciones de sobretensión en un nodo del distribuidor LAVALLE, quedan establecidos los %I<sub>E</sub> de GFV en cada distribuidor. En este aspecto, el distribuidor CIDAD tiene el mayor %I<sub>E</sub>, seguido por los distribuidores ALBERDI, LAVALLE y, finalmente, el distribuidor TECNOLÓGICA. La diferencia en los niveles de %I<sub>E</sub> de GFV admitidos por cada distribuidor tiene como principal fundamento la potencia de cortocircuito de los nodos, con lo cual niveles bajos implican una red de elevada impedancia y más sensible a las variaciones de tensión. Dado que en la red analizada todos los distribuidores están constituidos por conductores similares, las diferencias entre sus impedancias quedan establecidas por las longitudes de desarrollo del troncal y de las derivaciones, siendo los nodos más alejados del CD Güemes aquellos que presentan una mayor sensibilidad a las variaciones de tensión. Según este argumento, en la Figura 7 se observa que el distribuidor que mayor %I<sub>E</sub> admite es el más corto (distribuidor CIDAD), y lo sigue en longitud y %I<sub>E</sub> el distribuidor ALBERDI. Con respecto a los distribuidores TECNOLÓGICA y LAVALLE, la impedancia no constituye el parámetro de mayor peso en el %I<sub>E</sub> obtenido, donde pueden influir otras variables como la energía demandada o el porcentaje de participación de usuarios residenciales en el distribuidor.

A partir del análisis de los perfiles de carga semanales simulados, las Figuras 9 y 10 muestran la variación de tensión en los nodos de los distribuidores. Se observa el impacto de la GFV en la evolución de los perfiles de tensión de los nodos extremos de carga, pues de la comparación de los casos extremos de Base (sin GFV) y con máxima inserción de GFV (127%), estos nodos presentan incrementos del orden al 3%, alcanzando el límite máximo admisible de 107%. Por otra parte, se comprueba también que para la máxima inserción admitida de GFV, los distribuidores aún presentan un margen de carga disponible del 30% en el tramo más solicitado (ver Figuras 11 y 12), alcanzando un incremento del orden del 50% en su estado de carga, con respecto a su nivel Base (sin GFV).

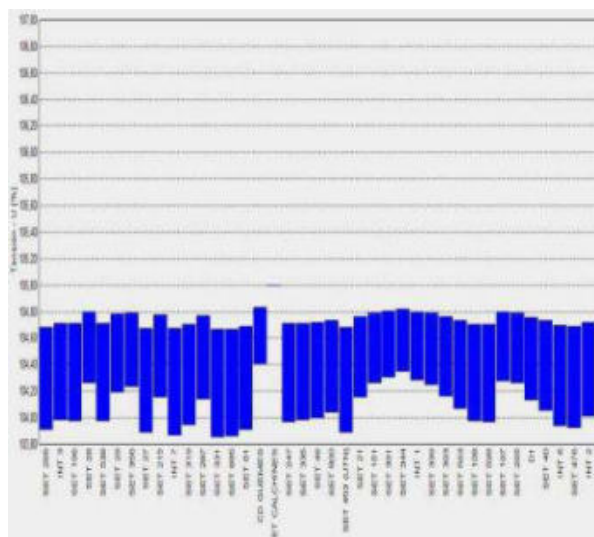


Figura 9: Variación de tensión en nodos de la red para perfil semanal de valle en escenario Base (sin GFV)

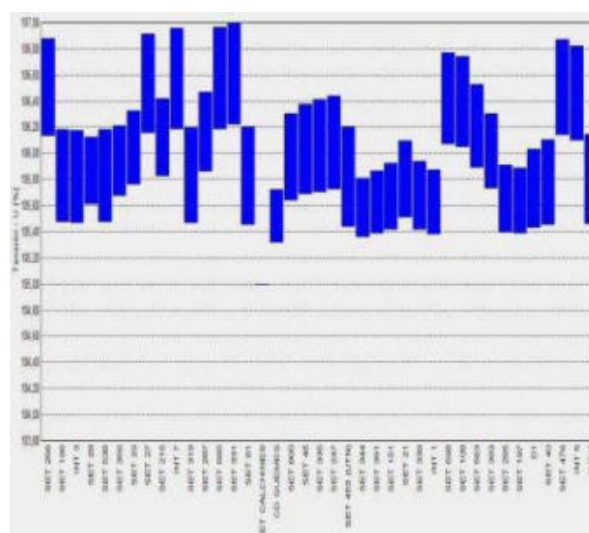


Figura 10: Variación de tensión en nodos de la Red para perfil de carga semanal de valle en escenario de máxima inserción de GFV (127%)

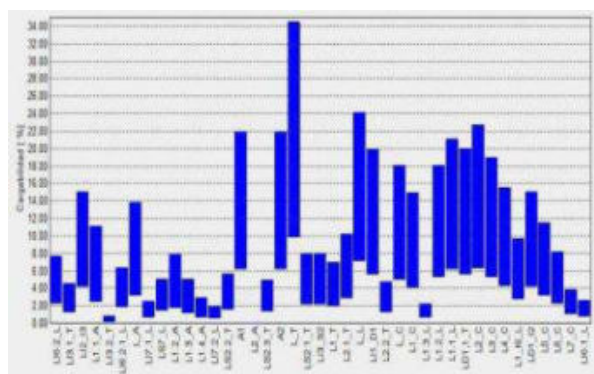


Figura 11: Variación del nivel de carga en tramos de los distribuidores de la red para perfil de carga semanal de valle de verano en escenario Base.

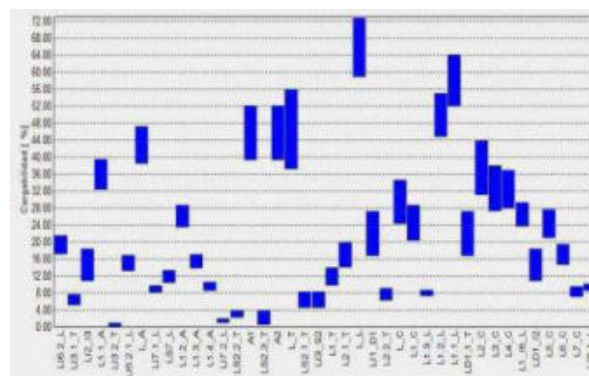


Figura 12: Variación del nivel de carga en tramos de los distribuidores de la red para perfil de carga semanal de valle de verano en escenario de máxima inserción (127%).

### 3.1.3. Inserción de GFV prosumidores residenciales en términos de potencia instalada

La participación de la GFV en la red en términos de potencia se define a partir de la relación entre la potencia instalada de GFV y la potencia máxima consumida por el sistema. El porcentaje de inserción de GFV en términos de potencia ( $\%I_p$ ) se obtiene a partir de la ecuación 4.

$$\%I_P = \frac{P_{fV-inst}}{P_{Max}} \times 100 \quad (4)$$

- $P_{fV-inst}$ : Potencia fotovoltaica instalada en el distribuidor
- $P_{Max}$ : Potencia máxima operada por el distribuidor

En la Figura 13 se resumen los  $\%I_P$  y  $\%I_E$  admitidos por cada distribuidor. Se destaca que, en términos de  $\%I_E$ , la GFV de prosumidores residenciales puede abastecer entre un 47% y un 83% de la energía demanda por un distribuidor. Por otra parte, la potencia total de GFV factible técnicamente de instalar en los distribuidores analizados se encuentra en el rango de 85% a 152% de la potencia máxima operada en los distribuidores.

A nivel global, es posible abastecer con GFV el 64% de la energía consumida anualmente en toda la red bajo estudio. Puesto en términos de potencia significaría instalar una potencia de GFV del 111% de la potencia máxima operada en toda la red.

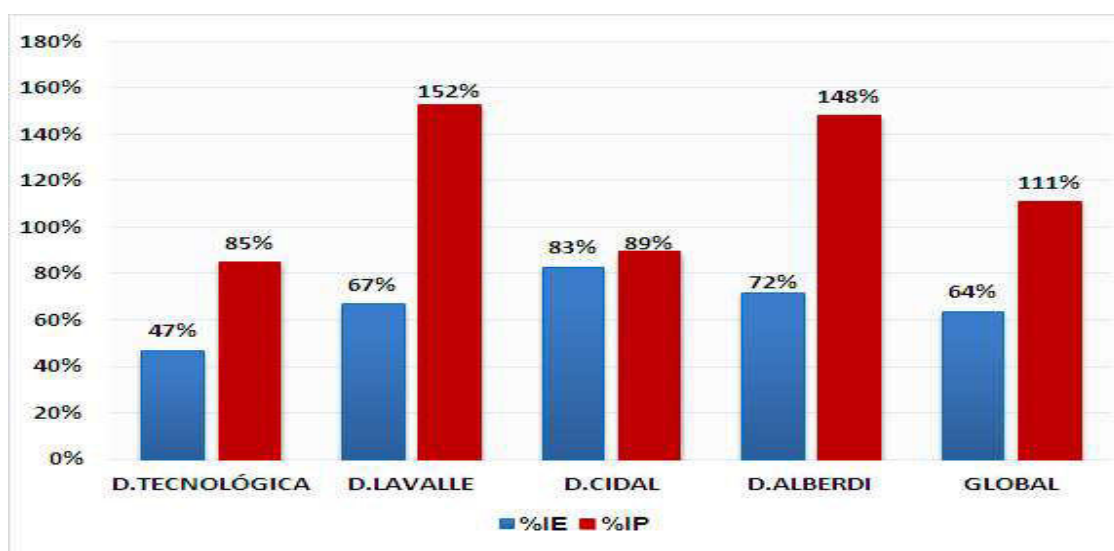


Figura 13. Porcentajes de Inserción de GFV en términos de potencia y energía

### 3.2. Perfiles de tensión en el desarrollo del distribuidor en función a la inyección de potencia de la GFV

En esta sección se analiza la sensibilidad de los perfiles de tensión observados a lo largo del distribuidor en relación a la inyección de potencia por GFV. Los resultados de las simulaciones de flujos de carga expuestos anteriormente demuestran que la potencia de inserción de GFV máxima admitida en la red de estudio, presenta como restricción las sobretensiones registradas en los nodos más alejados de la fuente que abastece al sistema (CD GÜEMES). En este sentido, en la Figura 14 se muestra la variación de tensión en los nodos (SETs) del distribuidor LAVALLE con respecto a su distancia al CD GÜEMES ante la inserción de GFV. Debe observarse que la SET 331, alcanza el valor máximo permitido de tensión, siendo efectivamente el punto más alejado del distribuidor, y por ende el más sensible a las variaciones de tensión impuestas por el aporte de potencia de la GFV.



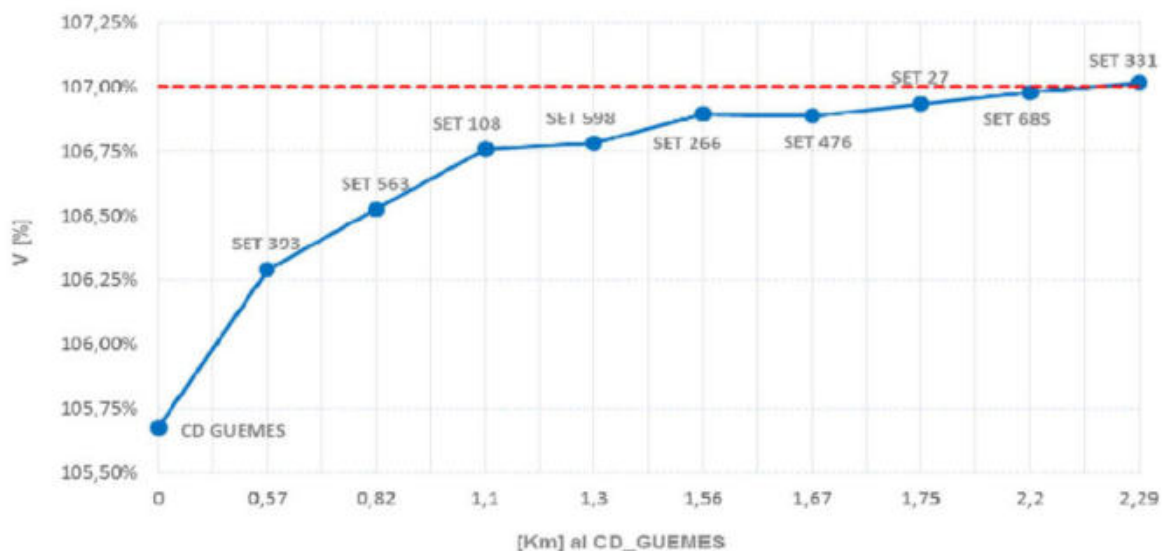


Figura 14. Perfiles de tensión en nodos del distribuidor LAVALLE en función a su distancia al CD Güemes

### 3.3. Potencia nominal de los GFV para lograr conversión completa de usuarios residenciales a Prosumidores

Al establecerse un módulo de GFV de  $P_{NOM} = 1,8 \text{ kW}$ , los niveles de  $\%I_{RES}$  obtenidos se encuentran por encima del 100% de los usuarios. Luego, a los fines de alcanzar una conversión total de los usuarios residenciales existentes en la red a prosumidores, se debe considerar un  $\%I_{RES} = 100\%$ . En términos de la Ecuación (1), el módulo de potencia máxima de GFV por prosumidor (sin que se infrinjan los requisitos técnicos de suministro de energía) debe ser de 2,3 kW.

### 3.4. Verificación de los niveles de inserción obtenidos de GFV con el programa Prosumidores 2.0

En el programa impulsado por el gobierno de Santa Fe "Prosumidores 2" (Subsecretaría de Energías Renovables, 2018) se establecen dos condiciones básicas concernientes a un rango de  $P_{NOM}$  del sistema de generación que se puede instalar y al porcentaje de energía que se puede generar con respecto a la consumida anualmente por el usuario Prosumidor. De acuerdo a los resultados obtenidos de inserción de GFV, se verifican dichas condiciones.

- Verificación de  $P_{NOM}$ :  $1,5 \text{ kW} \leq P_{NOM} \leq 5 \text{ kW}$

Se observa que para el 100% de inserción de GFV, la instalación de módulos de 2,3 kW de  $P_{NOM}$  cumple con los requisitos de rango de potencia nominal admitido por el Programa para usuarios residenciales.

- Verificación del Factor Prosumidores ( $f_{PRO}$ ):  $f_{PRO} \leq 80\%$  De acuerdo a la ecuación 5, puede calcularse el  $f_{PRO}$ .

$$f_{pro} = \frac{E_{a-fv-gen}}{E_{a-con-res}} \times 100 \quad (5)$$

- $E_{a-fv-gen}$ : Energía anual fotovoltaica generada en el distribuidor.
- $E_{a-con-res}$ : Energía anual consumida por usuarios residenciales del distribuidor.

Los valores calculados del  $f_{PRO}$  presentados en la Tabla 2 permiten inferir que solo el distribuidor TECNOLÓGICA verifica el límite máximo del 80%. Por lo tanto, se proponen ajustes en los módulos de  $P_{NOM}$  de GFV admitidos en cada distribuidor a los fines de cumplir



con la verificación del  $f_{PRO}$  y a su vez permitir que el total de los usuarios residenciales puedan instalar GFV (ver Tabla 3).

Tabla 2: Factor PROSUMIDORES – 100% de inserción residencial –  $P_{NOM}=2,3$  kW

Distribuidor	TECNOLÓGICA	LAVALLE	CIDAL	ALBERDI
$f_{PRO}$	59%	93%	116%	84%

Tabla 3: Factor PROSUMIDORES ajustada – 100% de inserción residencial

Distribuidor	TECNOLÓGICA	LAVALLE	CIDAL	ALBERDI
$f_{PRO-ADJUST}$	59%	77%	76%	79%
$P_{NOM-ADJUST}$ kW	2,3	1,9	1,5	2,0

De esta manera, es posible definir el módulo de  $P_{NOM}$  de la GFV óptima desde dos puntos de vista. Desde la perspectiva del Programa Prosumidores, las  $P_{NOM}$  óptimas serían las que se observan para cada distribuidor en la Tabla III, ya que verifican con la reglamentación vigente del programa y cumplen también con las condiciones de calidad del producto técnico estipuladas por el código de red argentino. Por otra parte, desde la perspectiva del aprovechamiento de la red, la  $P_{NOM}$  óptima es 2,3 kW, ya que permite una inserción del total de los usuarios residenciales, obteniendo la máxima potencia de GFV instalada que admite la red, cumpliendo con las condiciones técnicas de suministro de energía establecidas por el código de red argentino.

#### 4. CONCLUSIONES

La red de distribución analizada admite elevados niveles de inserción de GFV, con aportes de energía renovable por distribuidor en el rango del 47% al 83% de la energía anual demanda por un distribuidor.

Respecto a los módulos de GFV por prosumidor, su  $P_{NOM}$ , según el distribuidor, admiten módulos de 1,5 kW a 2,3 kW a los fines de lograr una inserción del 100% de los usuarios residenciales de la red y cumpliendo con las condiciones de operación establecidas por el código de red y con la reglamentación vigente del Programa Prosumidores de la provincia de Santa Fe.

En términos generales, puede afirmarse que la energía fotovoltaica a baja escala inyectada en las redes de distribución por parte de los prosumidores residenciales representa un importante alivio de carga para la red, principalmente en escenarios de verano, debido a las elevadas demandas durante las horas diurnas de mayor temperatura (12-16 hs), que se traducen en picos de carga del sistema.

La potencia máxima de inserción de la GFV queda condicionada por sobretensiones ocasionadas en las barras de la red, las cuales podrían evitarse con nuevas modalidades de operación con soporte de baterías de almacenamiento y/o equipos inversores que admitan un rango de regulación de reactivo del GFV, a los fines de incrementar el aporte de energía fotovoltaica al consumo de demanda de la red y bajo la premisa de no superar la relación máxima admitida entre energía generada y consumida por el usuario, impuesta por el programa prosumidores.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- International Renewable Energy Agency (IRENA). IRENA Cost and Competitiveness Indicators: Rooftop solar PV. IRENA, Abu Dhabi, ISBN 978-92-9260-037-2, 1 pp. 2017

- *Renewable Energy Policy Network 21 (REN 21). Renewables 2017: Global Status. REN 21. 63-65 pp. 2017.*
- *Stetz Th. Integration of PV plants in distribution grids. OTTI PV Monitoring Workshop, Munich, Germany; 2011.*
- *International Renewable Energy Agency (IRENA). Letting in the light: How solar photovoltaics will revolutionise the electricity system. ISBN 978-92-95111-96-7. 2016.*
- *Ley nacional 27424. Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública. InfoLeg, Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la República Argentina. 2018.*
- *Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPESF). "Resolución N° 442/13 de la Empresa Provincial de la Energía. Procedimiento para el tratamiento de solicitudes de generación en isla o en paralelo con la red de la EPESF", Argentina, 2013.*
- *Subsecretaría de Energías Renovables, Secretaría de Estado de la Energía. "Prosumidores 2.0 – Tarifa promocional para la inyección de generación renovable distribuida en baja tensión", Santa Fe, Argentina, 2018.*
- *Sangoi E., Samper M., Vega J.R. Grid Parity Analysis for Low Power Photovoltaic Systems in Santa Fe (Argentina). 2017*
- *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference - Latin America (ISGT Latin America). ISBN: 978-1-5386-3312-0/17. 20 al 22 de Septiembre de 2017. Quito, Ecuador. 2017.*
- *Sangoi E., Manassero U., Vega J. R. Impactos sobre la red de distribución generados por la generación distribuida fotovoltaica a baja escala. III Congreso de las Américas de Distribución Eléctrica. Córdoba, Argentina. 2016.*
- *SODA-PRO, Solar Radiation Data. Disponible en <www.soda-pro.com>.*
- *CAMMESA, "Anexo 27: Reglamentación aplicable a la prestación adicional de la función técnica de transporte de energía eléctrica firme en el MEM", 1-12 pp. 2012.*

# CRITERIOS AMBIENTALES EN REGULACIÓN DE ORDENAMIENTO URBANO-TERRITORIAL EN CIUDADES ARGENTINAS. ESTUDIO DE CASOS.

Julia Carolina Sarniotti ([juliasarniotti@yahoo.com.ar](mailto:juliasarniotti@yahoo.com.ar))

Universidad Nacional del Litoral; Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UNL-FADU)  
- Arg.

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias Hídricas (UNL-FICH) - Arg.

**Palabras clave:** ciudad, regulación, ambiente, indicadores.

*En las últimas décadas los procesos de planificación urbana se han complejizado al punto que es imprescindible concebirlos como un sistema de relaciones en el cual el crecimiento urbano se manifieste en relación a la capacidad ecológica del medio ambiente. La necesidad de ordenar el territorio deriva de la existencia de externalidades que manifiestan limitaciones para alcanzar los objetivos de un desarrollo territorialmente equilibrado y socialmente justo. El problema medioambiental se trata de relaciones, y por lo tanto los Planes de Ordenamiento Territorial deben abordar la construcción, seguimiento y evaluación de indicadores como herramientas útiles en la formulación de políticas, evaluación de estrategias y los procesos de Gestión Ambiental. Los Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible (IA/IDS) incorporan lo económico, social y ambiental en forma transversal y sistemática, abarcando las cuestiones de ciudad, energía, agua, residuos, contaminación atmosférica, capacidad de carga o huella ecológica y oportunidades económicas que ofrecen los modelos de ciudad sostenibles. Estos Indicadores aplicados al Desarrollo Urbano permite a los gestores evaluar alternativas, gestionar programas y proyectos e identificar posibles mejoras en las prácticas y experiencias.*

*El paradigma ambiental demuestra, en nuestro país, una cierta producción de leyes pero con distancia respecto a su efectividad. El presente trabajo, realizado en el marco de la Especialización en Gestión Ambiental de la Facultad de Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral, intenta exponer dicho escenario conflictual legal al analizarse tres casos de estudio (Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Rosario y Santa Fe, ciudades de escala y regulación jurídica variable). En ellas se observa que la problemática ambiental y los criterios de sostenibilidad y sustentabilidad se incorporan a la normativa de manera más lenta a lo verificado en acciones puntuales fuera de ella, por normativas parciales o acciones concretas sin marco legal.*

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Cambios de paradigma y el papel de las ciudades

En un contexto de cambios profundos y vertiginosos como los que presenta la contemporaneidad, con paradigmas ya instalados y otros emergentes (“Desarrollo Sustentable”, “Paradigma urbano-ambiental”, “Paradigma de la incertidumbre”, “Paradigma de la complejidad”, “Paradigma de la Globalización”, “Economía Urbana”, “Ciudad Global-Sustentable-Sostenible”, “Ciudades emergentes”, entre muchos otros) es menester pensar el papel de las ciudades en este escenario, considerando que ocupan cerca del 4% del área total del planeta y albergan al 50% de la población mundial total pero producen el 50% de la basura mundial, representan entre el 60 y el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero, consumen en 75% de los recursos naturales (renovables y no renovables) y producen el 80% del PBI global. Para el caso de Argentina, la distribución del suelo está compuesta por un 96% de áreas rurales y un 4% de áreas urbanas y, sin embargo, es en los

espacios urbanos donde se concentran más del 90% de los habitantes del país. Las 6 ciudades o aglomerados de mayor tamaño del país (Región Metropolitana de Buenos Aires, Gran Córdoba, Gran Rosario, Gran Mendoza, Gran San Miguel de Tucumán y mar del Plata) agrupan el 50% de la población urbana. Las ciudades de entre 10.000 y 500.000 habitantes (consideradas “ciudades intermedias”) forman, por su parte un conjunto de 273 localidades en las que reside el 32% de la población urbana del país.

Entender a la “ciudad como Ecosistema” implica pensar el medioambiente edificado como el elemento que controla la estructura física del mismo y al paisaje como el elemento vertebrador de la creciente conflictividad de carácter territorial y ambiental. En las últimas décadas el crecimiento urbanístico desorganizado ha tendido a generar paisajes homogeneizados y trivializados, derivando en externalidades que manifiestan limitaciones para alcanzar los objetivos de un desarrollo territorialmente equilibrado y socialmente justo. A su vez, la desregulación generalizada del acceso al suelo urbano supone una dinámica migratoria que se traduce en un proceso de expansión de informalidad habitacional que trae como consecuencia la creciente fragmentación del territorio y un creciente nivel de polarización social, entre quienes logran acceder a la tierra a través del mercado formal y quienes tienen que recurrir a modos informales de habitar la ciudad.

## **1.2. El paradigma ambiental y el Urbanismo en Argentina**

Con el paradigma ambiental los conflictos surgen en la esfera social, que contempla los bienes públicos y aquellos actos que realiza el individuo situado en la acción colectiva. Este paradigma ha generado influencias en el Derecho Argentino pero el panorama actual se presenta complejo debido a que existe una gran producción de leyes pero una gran distancia respecto a su efectividad. Esto se concreta en la sanción de leyes declarativas que solo aparentemente desarrollan el derecho reconocido en un tratado o en una norma constitucional tienen declaraciones de objetivos pero no de instrumentos efectivos para lograr que sean una realidad práctica, la demora en el dictado de reglamentos que permiten la aplicación de una ley, la debilidad de los órganos de implementación y control sea porque no tienen presupuesto o porque son excesivamente controlados por una autoridad central, la enunciación de programas sobre protección ambiental en todos los campos pero sin contar con sistemas que midan los resultados, la fragmentación de las normas que oscurecen la interpretación, la superposición de organismos de control que generan problemas de competencia y por último, aunque no en menor escala, la falta de consenso previo y discusión profunda sobre los costos y opciones reales que se tienen a disposición. Es menester una nueva visión que permita que la reproducción de la sociedad y del espacio que ocupa considere otras formas de hacer ciudad discutiendo la simbiosis entre Urbanismo y Medio Ambiente, que permita crear una conciencia ecológica tanto a nivel comunidad como entre los decisores que hacen ciudad.

En este sentido, pensar al Ordenamiento Territorial en forma paralela al Ordenamiento Ambiental puede generar la incapacidad de tender a una regulación unificada que contemple las exigencias del desarrollo con las medioambientales. El problema medioambiental se trata de relaciones, y por lo tanto los Planes de Ordenamiento Territorial deben re-pensarse considerando a los Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible (IA/IDS) como herramientas útiles y eficaces que incorporan lo económico, social y ambiental en forma transversal y sistemática, y permiten una nueva forma de articulación de la relación ciencia/gestión/proyecto social, valorando los efectos del accionar humano en los sistemas ecológicos. Frente a la necesidad de actuar legítimamente, permiten afrontar la incertidumbre de la contemporaneidad con instrumentos de investigación que permiten poner de manifiesto el nivel de presión ejercida por determinados factores sobre el medio ambiente y al mismo tiempo valorar las respuestas de la sociedad.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Identificar cuáles son los criterios ambientales incorporados en la actual normativa que regula la forma urbana y del territorio, en las acciones directas (intervenciones públicas y privadas) y en las acciones indirectas (resultantes de recomendaciones internacionales o externas a la normativa), utilizando como base las ciudades Argentinas de Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Rosario y Santa Fe, para a partir de allí proponer pautas generales a ser incorporadas en la formulación y cumplimiento de las mismas.

### 2.2. Objetivos específicos

- Trazar parámetros de comparación tomando en cuenta ciudades referentes a nivel internacional que incorporan, de alguna forma, criterios ambientales con variantes en cuanto a jerarquía, densidad y posición territorial.
- Verificar, en términos generales, el grado de incorporación de criterios ambientales en la normativa existente y la puesta en práctica de los mismos en las ciudades tomadas como casos de estudio, analizando programas, estrategias, proyectos realizados o a realizar.
- Identificar pautas generales a introducir en la normativa urbanística, propuestas y formas en que se llevan a la práctica, que puedan servir a otras localidades.

## 3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 3.1. Determinación de ejes temáticos que hacen al concepto de ciudad como ecosistema

Hablar de criterios ambientales en las regulaciones implicó detectar, por un lado qué categorías comprende el ordenamiento de un territorio, de su ejido urbano en un marco de sostenibilidad y sustentabilidad, y por otro lado, indagar en las formas en que tales categorías se manifiestan en lo concreto en las ciudades analizadas.

Teniendo como base la bibliografía elegida y estudiando “ciudades modelos” en cuanto a sus estrategias de sostenibilidad urbana a nivel internacional (Belo Horizonte, Brasil; Melbourne, Australia; Portland, Estados Unidos), se detectaron “ejes temáticos” o “descriptores urbanos”. A partir de ellos fueron analizadas las ciudades elegidas como casos de estudio (la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Rosario y Santa Fe); a saber: “compacidad urbana y usos del suelo” (uno de los más importantes; la mayor parte de las problemáticas urbanas están definidas por los patrones de distribución de densidad y las centralidades asociadas a éstos); “movilidad urbana” (dinámica clave de la urbanización siendo el principal sector emisor de GEI al representar entre un 20% y un 60% de las emisiones totales, y siendo un factor directamente asociado a la morfología urbana ya que, según el BID, las emisiones de GEI por persona en tipología de baja densidad se multiplica por 2.6 con respecto a lo que produce el modelo compacto); “áreas verdes y espacio público” (como herramientas operativa para las transformaciones urbanas, mejorando los resultados urbanos en términos económicos y ambientales); “gestión de la energía” (las ciudades consumen cerca del 75% de la energía global primaria y emiten entre el 50 y 60 % de los gases de efecto invernadero del mundo); “gestión del agua” (también directamente asociado al modelo de densidad urbana y usos de suelo por los impactos de refiere a la impermeabilización y al desvío de los cursos de agua); “gestión de las emisiones atmosféricas” (depende en gran parte del modelo energético y del modelo de implantación urbana en el territorio, ya que de él dependen el modelo de movilidad, las tipologías edificatorias y los tipos de actividad industrial compatible o no con otros usos urbanos); “gestión de los residuos sólidos urbanos” y “capacidad de carga o huella ecológica del



sistema urbano” (grado de explotación y presión entrópica a que podemos someter a los ecosistemas que soportan nuestra vida y nuestras organizaciones, manteniendo una razonable conservación de dichos sistemas de soporte; las ciudades y regiones urbanas dependen de un vasto y creciente hinterland global de territorios productivos; sus sistemas urbanos se apropian necesariamente de la producción ecológica y de las funciones de soporte de la vida de regiones distantes).

### **3.2. Indicadores Ambientales o Indicadores de Desarrollo Sostenible**

De todos estos descriptores urbanos se estudió, así mismo, la metodología de medición que permite poner de manifiesto el nivel de presión ejercida por determinados factores constrictores sobre el medio ambiente y valorar, al mismo tiempo, las respuestas de la sociedad, a saber, los “Indicadores ambientales” o “Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS)” que en este marco de incertidumbre y experiencias complejas son los que permiten evaluar los procesos tendientes hacia un desarrollo sustentable.

Las variables metodológicas de indicadores a nivel mundial es basta (modelo “impulso – estado – reacción”, modelo “estado-presión-reacción”, indicadores de primera, segunda y tercera generación según la CEPAL), entre otra. Dentro de Argentina, la elaboración de un sistema único de indicadores se inicia recién en el año 2004, con la Agenda Ambiental Nacional; estos indicadores se consideran “dinámicos”, puesto que buscan reflejar procesos no explicables exclusivamente por atributos cuantitativos o de stock. Son, en su mayoría, indicadores de segunda generación; llegar a los de tercera generación representa un desafío para naciones como la nuestra, dado que su utilidad para el diseño y evaluación de la eficacia de las políticas públicas los hace realmente valiosos al ser de carácter transversal o sinérgicos.

### **3.3. Regulaciones, programas y proyectos de casos de estudio.**

Por vía paralela, se tomaron principalmente fuentes de información de carácter secundario (normativa de Ordenamiento Territorial de Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Rosario y Santa Fe y regulaciones afines como planes sectoriales o reglamentos de edificación/construcción), y en forma secundaria fuentes de carácter primario (consultas a actores con intervención directa en la formulación, puesta en práctica y control de la normativa).

Al hablar de “normativa” se refiere a las regulaciones que a diferentes escalas enmarcan la ordenación del ejido urbano de las ciudades referentes. Los niveles nacionales y provinciales se tomaron para entender el grado de vinculación de las regulaciones locales para con ellas; el principal foco fue puesto en los “descriptores urbanos” y sus correspondientes “indicadores” y la forma en que ellos se manifiestan en tales regulaciones. Se analizaron los principales programas, estrategias y proyectos realizados o en vías de concreción en cada una de las ciudades, todos enmarcados en regulaciones específicas, al mismo tiempo que se buscó detectar otras acciones indirectas resultantes de recomendaciones internacionales o externas a la normativa específica que reflejan en mayor o menor medida la incorporación de criterios ambientales.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Atraso Normativo, revisiones y generación de nuevas regulaciones**

En la ciudad Santa Fe es donde se detectó la mayor antigüedad de las normativas marco (“Plan Urbano” 2008, “Reglamento de Ordenamiento Urbano” 2011, “Reglamento de Edificaciones” 1976), lo cual se traduce en una distancia temporal entre las tendencias de crecimiento espacial-territorial y los códigos o regulaciones de planificación que deberían ordenar dicho crecimiento. Para el caso de Rosario, si bien los planes macro datan de casi

una década atrás (Rosario “Plan Director” 1999, “Plan Urbano Rosario 2007-2017” 2006, “Reglamento de Edificaciones” 2009), cuentan con “Ordenanzas de reordenamiento urbanístico” 2008 a 2013 que revisan dicha normativa y van actualizándola. Si bien la Ciudad Autónoma de Buenos Aires cuenta con normativa de más de diez años (“Modelo Territorial Bs. As. 2010-2060” 2009, “Plan de acción Bs. As. 2030 – Ley N°3871” 2011, “Código de Planeamiento Urbano – Tomos I, II y III – Ley N°449” 2000 y “Plan Urbano Ambiental - Ley N°2930” 2008), la misma se encuentra actualmente en un fuerte proceso de discusión y revisión.

Los mayores avances respecto a la incorporación de criterios ambientales se observa en regulaciones de índole más general como el Plan Urbano Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires (Ley N°2930 del año 2008) que, no obstante, tiene sus críticas y se encuentra en proceso de revisión, y en los Reglamentos de Edificaciones de Rosario y CABA (avances en cuanto a regulaciones de métodos constructivos, materiales y mediciones que aportan a la reducción del consumo energético, como ser la Ley 4458/2012 de CABA de “Normas de acondicionamiento térmico en la construcción de edificios” o el Decreto 985/2013 de Rosario de “Aspectos higrotérmicos y Eficiencia energética de las construcciones”).

El marco legal de cada caso estudio difiere; mientras que Rosario y Santa Fe poseen un marco de autonomía muy importante dentro de los niveles provinciales, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires detenta un rango que la acerca más a una provincia que a un Municipio, posee un régimen intermedio entre el municipal y el provincial; ello se traduce en que un ciudadano rosarino o santafesino se encuentra regulado por tres órdenes (Federal, Provincial y Municipal), el habitante del CABA lo es por dos órdenes (el Federal y el Régimen Autónoma de la Ciudad de Buenos Aires).

La actual revisión de las normativas que hacen al Ordenamiento del Territorio y su densificación (Reglamentos de Edificaciones, de Zonificación y/o de Ordenamiento Territorial) se hace mayormente de manera colaborativa entre los Estados Municipales y actores ajenos a éste, como ser Universidades, Colegios Profesionales, Organizaciones No Gubernamentales y Asociaciones de diversos Técnicos Especialistas críticos de las normativas y de las condiciones de producción del territorio que propician dinámicas de expansión urbana caracterizadas por una elevada dispersión, marcadas discontinuidades en la trama urbana y una fuerte presión sobre ámbitos periurbanos, incluyendo en los tres casos la invasión, incluso, de zonas de interés de preservación biológico.

#### **4.2. Crecimiento de mancha urbana en relación al crecimiento poblacional**

Mientras que en América Latina la tasa de crecimiento poblacional anual promedio de sus ciudades era del 4.6%, en el año 2018 dicha tasa se estima en un 2%. En relación a los estudios de casos, entre el 2001 y el 2010 la tasa de crecimiento para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires fue del 3.7%, mientras que para Rosario fue de 0.5% y para Santa Fe de 0.7%. Es de destacar que el promedio de la Provincia de Santa Fe es de 0.7%. Claramente, lo que florece en estos contextos no es esencialmente la presión demográfica, sino un crecimiento de la mancha urbana que evidentemente se expande manera más rápida y difusa respecto a las tasas de crecimiento mencionadas, generando dentro de la ciudad existente fenómenos como procesos de migración urbana-urbana, pérdida de población de las zonas consideradas “centrales” históricamente y reemplazo de usos de suelo que se consideran más rentables (comercial, financiero y/o terciario superior), procesos de gentrificación y fragmentaciones en el territorio que se manifiestan en problemas de desigualdad social.

### 4.3. Compacidad urbana, usos del suelo y factores asociados

Los indicadores de “compacidad urbana y uso del suelo”, son los que mayormente manifiestan estos procesos de expansión territorial poco sustentables. Se constató que, tras la división de la ciudad en distritos (o términos similares), se aplican factores de orden matemático tales como FOS (Factor de Ocupación del Suelo) y FOT (Factor de Ocupación Total del Suelo), fomentando algunos sectores y nuevas centralidades e intentando detener el crecimiento en otros. En los tres casos, al interior de las manzanas, las normas coinciden en la generación de pulmones de manzanas internos de resultados concretos dudosos y la definición de líneas de frente. Dentro de los posibles modos de medir la densidad urbana, el más utilizado es el de intensidad de edificación ( $m^2$  edificables / unidad de superficie), mientras que podrían adoptarse otros más integrales. Estas ciudades, de manera similar a otras latinoamericanas, necesitan un espacio de 4 a 10 veces mayor respecto a ciudades modelos de sostenibilidad, en las cuales las relaciones habitante/hectárea son de entre 199 hb/ha a 450-500 hab/ha. Mientras que la densidad bruta de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires es de 15.000 hb/km<sup>2</sup>, para Rosario es de 5.726 hab/Km<sup>2</sup> y para Santa Fe es de 1.513 hb/Km<sup>2</sup>. A modo de comparación, ciudades modelos de sostenibilidad urbana tienen una densidad de entre 199 hab/ha (como es el caso de Barcelona) a 500 hab/ha (Nueva York), pasando por París que tiene 214 hab/ha, Medellín que tiene 221 hab/ha; Bello Horizonte que tiene 7.167 hab/ha y Portland 7.817 hab/ha.

En Argentina, entre 2006 y 2016, la densidad bruta de los grandes aglomerados urbanos, que conforman un total de 33 ciudades, se redujo un 10.8%; así mismo, entre 2010 y 2016 la expansión urbana se aceleró, pasando de 1.55% a 2.66%. En el Gran Rosario es una de las ciudades-entornos donde más se evidencia la relación entre la expansión urbana y el incremento poblacional, pasando de un factor de 1.7 (entre 2006 y 2010) a 6.8 (entre 2010 y 2016).



Figura 1. Elaboración propia, imágenes tomadas de Google Earth. Evolución de mancha urbana Ciudad de Rosario y área metropolitana años 1990 - 2000 - 2010 - 2015

Para el caso de Santa Fe-Santo Tomé, dicho factor pasó de 0.7 a 5.1 en dichos períodos y el Gran Buenos Aires se mantuvo dentro del factor 0.5. En las áreas de expansión, el 78% del suelo estuvo destinado a usos residenciales, el 11% a usos industriales, el 3% a equipamientos y el resto a otros usos menores. Dentro de los usos residenciales, la mayor expansión se verificó en urbanizaciones cerradas (24% del total), seguido del residencial urbano (22%), residencial extra urbano (terrenos de más de 500m<sup>2</sup>) con el 13%, vivienda social con un 11% y residencial informal con un 8%. un 37% del suelo producido en el período mencionado está destinado a sectores medios-altos y altos, usuarios de urbanizaciones cerradas y del residencial extra-urbano. Esta tendencia se tradujo en costos más altos para los gobiernos locales que deben construir redes de infraestructura de mayor longitud, ampliar redes de transporte público y mayores recorridos para recolección de residuos. De continuarse, en los próximos 10 años se consumirían más de 100 mil hectáreas de suelo, lo cual equivale a la construcción de más de 5 ciudades de Buenos Aires en una década.



Figura 2. Elaboración propia, imágenes tomadas de Google Earth. Evolución de mancha urbana Ciudad de Santa Fe y área metropolitana años 1990 - 2000 - 2010 - 2015



Figura 3. Elaboración propia, imágenes tomadas de Google Earth. Evolución de mancha urbana Ciudad Autónoma de Buenos Aires y área metropolitana años 1990 - 2000 - 2010 - 2015

En relación a lo antedicho, según conclusiones extraídas del Congreso de Ingeniería Urbana del año 2016, entre los años 2001 y 2010 la gestión del suelo fomentó procesos mayormente expansivos hacia la periferia, ocupando suelos vírgenes o terrenos que sirven al ecosistema urbano como zonas de quintas, humedales, de producción agrícola, de explotación turística y hasta zonas de riesgo hídrico para el caso de urbanizaciones espontáneas de sectores de bajos recursos. Los procesos de sustitución en áreas centrales y pericentrales presentan variantes en cuanto a su método, pudiendo distinguirse: crecimiento por extensión (para el caso del CABA un 53%, para Rosario un 60% y para Santa Fe un 48%), expansión tipo no continua (para el caso de CABA 26%, Rosario 19% y Santa Fe 43%) y crecimiento por completamiento (para el caso de CABA 21%, Rosario un 21% y Santa Fe un 9%).

En el sentido de esta última estrategia de “crecimiento por completamiento”, las búsquedas implementadas por Rosario y Santa Fe se muestran disímiles. Mientras que la primera ciudad basa su proceso de transformación estructural de fragmentos urbanos a través de un proceso de “acupuntura” urbana que relaciona el sistema vial, la incorporación de espacios públicos y la creación de plataformas productivas, la segunda ciudad trata de fomentar la densificación en torno a la linealidad. Rosario, a través de su normativa general y puntual (o parcial, focalizada) tiene a generar un decrecimiento de la densidad edilicia desde el centro hacia la periferia, tratando de dotar de servicios en razón de la búsqueda de máxima rentabilidad no selectiva para la promoción y estímulo de la renovación urbana. Para ello, en el área central trabaja a partir del estudio de “tramos de completamiento + tramos de preservación + tramos de renovación”, en el primer anillo trabaja en “áreas de tejido + corredores urbanos + grandes parcelas” y en lo que denominan áreas particulares trabajan sobre lo que se considera “áreas de protección histórica + áreas de reserva para planes especiales + áreas de reserva para planes de detalle”.

Para el caso de Santa Fe, la búsqueda se centra en aumentar la densificación en corredores viales con “capacidad de carga” a través del aumento del índice de construcción (FOT) y en la generación de nuevas centralidades, principalmente al norte de la ciudad, donde geográficamente existen aún tierras aptas para el crecimiento, y que, sin embargo, coinciden con parte del hinterland del cual se nutre la ciudad en sí misma.

Es de resaltar que, de toda la superficie propiamente urbana, la ciudad de Rosario tiene un 21.1% con suelo cuyo FOT es de 3.5 y más, mientras que Santa Fe solo el 8.4% (los Distritos con mayor FOT son R1-Alta densidad, C2-Subárea Macrocentro, C2A-Entorno particular y C2B-Corredores viales principales tipo I).



En relación a la cantidad de espacio verde, mientras que la OMS establece la necesidad de contar con entre 9 y 15m<sup>2</sup> de espacio verde por habitante, Rosario es la ciudad mejor posicionada al respecto (11.6m<sup>2</sup>/hab); le sigue Santa Fe con 8.28m<sup>2</sup>/hab. y en último lugar el CABA con 6.2 m<sup>2</sup>/hab. Esta última ciudad está trabajando con el indicador “Espacio verde público por ubicación” (relación densidad de población Hab/Km<sup>2</sup> – Espacios Verdes Público útiles – radios de 500m de distancia), lo cual manifiesta el concepto de entender al espacio verde no solo en término de cantidad sino también de calidad y accesibilidad de manera conjunta con el de “espacio público” en término de espacio de convivencia ciudadana y de relaciones.

En lo que refiere a la movilidad urbana, las tres ciudades manifiestan importantes avances en la existencia de programas que fomentan la movilidad sustentable (Eco-Buses, MetroBus o similares en transporte público de pasajeros) y el de uso del automóvil particular (pateonización de ciertas áreas centrales de las ciudades, bicisendas e infraestructura asociada, fuertes cargas tributarias en estacionamiento público). No obstante, el análisis y tratamiento que se realiza respecto a este descriptor urbano pone de manifiesto que se lo entiende, en mayor medida, como un sector más de la amplitud de sectores que conforman el ecosistema urbano y no en relación a la compacidad urbana y los usos del suelo, es decir, con un escaso análisis que mire la temática de forma transversal e integral.

La particularidad que presenta la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, como caso de estudio, es su capacidad para generar mayores avances en cuanto a la generación de datos concretos, contando con agencias especializadas en la formulación de los mismos. En este sentido, la ciudad manifiesta mayor grado de compromiso en la formulación de índices e indicadores de tercera generación como lo son el “Índice de Sustentabilidad Urbana (ISU)” el cual integra indicadores de primera y segunda generación (sociales, económicos y ambientales) mediante una estructuración que sigue las áreas temáticas propuestas por el Plan Urbano Ambiental (estructura, centralidades, producción y empleo, transporte, patrimonio, área metropolitana, hábitat y vivienda), utilizando también la metodología de ir analizando escenarios prospectivos. Las unidades de Sistema de Inteligencia Territorial trabajan en la generación de índices como el de “Compacidad corregida” (relación espacio construido-espacio público) o el de “Espacio verde público por ubicación” mencionado anteriormente.

Otros avances detectados fueron estudios en torno a la escala urbana en relación a evaluaciones de asoleamiento de tipologías edilicias en manzanas típicas de cada distrito o comuna, análisis de factibilidad de captación solar, análisis de sombras y afectación a parcelas vecinas, desarrollo de indicadores para cuantificación y calificación de espacios verdes, modelos de simulación de espacios verdes en relación al aumento del volumen construido, entre otros. Este mismo tipo de avances se observó en torno a la escala edilicia; acceso solar de ambientes principales y pisos inferiores, estudios de relación entre alturas de edificios / tipologías de perímetro libre y semi-libre, ventilación cruzada, iluminación natural y características constructivas, a modo de ejemplo.

En las tres ciudades se verifican avances importantes en lo que refiere a la gestión Integral de Residuos Urbanos. Para el caso de la gestión de la energía, en la Provincia de Santa Fe las regulaciones apuntan al fomento de la utilización de energías alternativas, incentivando mayormente al consumidor primario, con ayudas significativas a los sectores industriales. En lo que refiere a la gestión del agua, los mayores avances se detectan en iniciativas privadas de construcción sustentable. Respecto a la huella de carbono, las tres ciudades constan de programas de cálculo de gases de efecto invernadero, con la utilización de indicadores de tercera generación que permiten un correcto monitoreo y comunicación.



## 5. DISCUSIONES

En las tres ciudades hay una clara intención de participación de los Municipios en Programas Internacionales como lo son C40 Cities, Mercociudades, Ciudades Resilientes (UNISDR), COP 21, Habitat III, ONU Habitat, Programa ICES, Red de Municipios frente al cambio climático, entre muchos más. Esto puede leerse, por un lado, en la influencia de la cooperación internacional en poner la cuestión ambiental en agenda. Al mismo tiempo, puede leerse como una búsqueda de municipios locales en transformar sus agendas locales intentando direccionar sus políticas en marcos de sustentabilidad y sostenibilidad y de generar formas de financiamiento externo gracias a las cuales se pueden ejecutar programas y proyectos. Se trata de Programas que abarcan temas de mejoras de las infraestructuras de movilidad, del espacio público, de mejoramiento barrial y de estrategias de respuesta ante desastres naturales y formas de prevención en un marco de resiliencia.

No obstante, se observa que el nexo entre el marco regulador internacional y los diagnósticos locales es escaso; los procesos participativos son incipientes o son solo a modo enunciativo pero débiles en la realidad concreta; las organizaciones no gubernamentales son las que en mayor medida funcionan como órganos de control del estado, atendiendo de una mejor manera lo que concierne a la sostenibilidad social. En este sentido, se reconoce que el papel de los municipios se debilita al tomar el papel de hacedores o ejecutores de decisiones que se reflexionan y deciden a nivel global, desconociendo las particularidades y desigualdades que cada territorio lleva consigo.

## 6. CONCLUSIONES

En virtud de lo estudiado y de los objetivos del trabajo, como principal aclaración es importante mencionar que ninguna estrategia de incorporación de criterios ambientales es igualmente apropiada para todas las ciudades; cualquier decisión política debería tener la capacidad de resaltar las sinergias y co-beneficios con otras políticas ya en línea, como por ejemplo aquellas que además de dar respuesta al cambio climático permiten un desarrollo de dichas ciudades. El lugar urbano es irreplicable por definición; no obstante, las estrategias utilizadas en los estudios de casos analizados con mayor detenimiento, así como en otras otras latitudes a nivel general, explican que pueden encararse fenómenos locales con métodos científicamente comprobables.

Como recomendaciones, la primera es verificar el modelo de ciudad deseada acordada por la mayor cantidad de agentes intervinientes en un sistema urbano con la intención de generar programas a largo plazo; esto implica establecer un diagnóstico preciso de la situación de la cual se parte. El entorno y el uso de la tierra no solo deberían ser vistos como un bien inmobiliario que debe producir dividendos, sino como un bien de un valor significativo desde el punto de vista ecológico que representa los valores y actitudes de la sociedad. Establecer una densidad urbana moderada es un factor clave; a esto debería sumarse la combinación de morfologías y tipologías edificatorias con diversidad de programas y mixturas de usos, equipamientos, buena cantidad y calidad de espacios verdes y un determinado índice de compacidad. Sería también conveniente evaluar cuál es la huella de la ciudad y cuál es la capacidad de carga del territorio, analizando posibilidades de reutilización de suelos urbanos frente a la estrategia de poner en carga suelos vírgenes, enmarcándose en la idea de suelo como recurso escaso. Estos intentos de reutilización deberían tener la capacidad de generar nuevas centralidades generando condiciones de accesibilidad más apetecibles que las de las zonas alejadas del núcleo urbano. En razón de ello, las políticas públicas y regulaciones respecto al ordenamiento del suelo urbano cumplen un rol fundamental, no solo como órganos y medidas de control, sino también de fomento e incentivo. La forma y dimensión puede ser repensada controlando los modos de crecimiento de acuerdo a la capacidad de carga ambiental, distribuyendo las funciones de

manera más integrada entre distintas ciudades de una misma región y de una nación, valorizando las sinergias para un mejor uso y manejo de sus recursos.

Volcar estrategias de diseño bioclimático a escala ciudad resultaría una buena medida para controlar y disminuir el efecto “isla de calor” en las ciudades. Esto implicaría que la planificación incorpore previsiones en cuanto a la estructura y el trazado urbano, la posición y forma de los edificios mediante el estudio de sombras arrojadas que permitan optimización de las orientaciones y de las ventilaciones naturales, precisiones en cuanto a las dimensiones de las calles y formas y posición del arbolado, el control de las turbulencias de los vientos, la disposición de los cursos de agua, el tratamiento de las superficies y pavimentos y el uso de la vegetación.

A escala menor, la arquitectura construida parcela a parcela debería enmarcarse en criterios de sustentabilidad, partiendo del diseño pasivo hacia principios de ahorro y eficiencia energética. En este punto también las regulaciones referidas a las construcciones (Reglamentos de edificaciones) juegan un importante rol, y si bien es donde se verifican los mayores avances en las tres ciudades analizadas, aún hay aspectos que solo se manejan por estímulo.

Los espacios verdes y espacios públicos deben plantearse como motores estructurantes de la vida urbana, adecuados tanto en cantidad como en calidad, permitiendo zonas ambientalmente equilibradas. El microclima que se genera por la vegetación en estos espacios verdes y/o públicos debería generarse imitando los entornos naturales y los corredores biológicos existentes en los medios naturales del contexto de las ciudades. El entorno natural de las ciudades, es decir su área peri-urbana, debería valorarse ambientalmente, protegiendo las zonas de valor del medio natural, poniendo especial acento en la expansión urbana para el equilibrio de la huella ecológica.

En compatibilidad con todo lo anterior, una gestión urbana sostenible debería poner el foco en la mejora del transporte público (en todas sus modalidades), redimensionando el espacio público y atendiendo a las cuestiones de accesibilidad peatonal, de forma tal que esta categoría se trabaje de manera integral con el resto de los descriptores urbanos, evitando caer en fragmentaciones de orden insitucional y administrativo, sino por el contrario generando marcos jurídicos y políticas que aborden la movilidad en vista de los esfuerzos por concretar una planificación urbana.

Si bien son las regulaciones el marco jurídico para los programas, estrategias, proyectos de una ciudad, es necesario que las mismas tenga un horizonte claro, induciendo al consenso social en los cambios que se pretenden generar en materia ambiental para responder de manera integral a las demandas de la sociedad en consonancia con los Objetivos del Desarrollo Sostenible y las agendas locales. Si la norma está desprendida de la realidad y solo es considerada como “control”, se la despoja de todo valor formal, en cambio si se la piensa desde una imagen formal, en la norma misma queda implícito el diseño urbano. Los reglamentos son instrumentos cuya función debe medirse en relación a propósitos concretos y específicos, no como un fin en sí mismo, ya que puede llegar a ser contraproducente para el desarrollo urbano si no forma parte de una política expresa de desarrollo urbano que tenga en cuenta criterios de sostenibilidad y sustentabilidad. Este tipo de planeamiento integral debe reconocer, además, que los distintos descriptores urbanos y problemas generados a partir de ellos están relacionados entre sí y con el desarrollo económico y el cambio social. Las estrategias de desarrollo sostenible hacen que a los temas clásicos del planeamiento urbano se integren contenidos ecológicos, sociales y económicos. Este enfoque integrado es inherente a la idea de sostenibilidad, la cual solo puede plantearse desde una perspectiva global y la cual obliga a pensar no solo en los costos y beneficios de las intervenciones urbanas, sino también en la idea de irreversibilidad de los efectos que provoca el planeamiento urbanístico.

La inexistencia o escasez de utilización de indicadores aplicados a los descriptores urbanos no pueden resultar una excusa para la implementación de políticas con criterios de sustentabilidad; la definición de indicadores y su capacidad de evaluación no pueden estar subordinados a la información existente sino que el proceso es inverso, es decir, la producción de información es la que debe redefinirse al compás del cambio de paradigmas e instrumentos. Se requiere, además, que los indicadores posean capacidad proyectiva ya que si solo valoran condiciones retrospectivas generan políticas reactivas. Por otro lado, considerando que el proceso de toma de decisiones generalmente está acotado en tiempo y recursos, es necesaria una economía en la selección de los indicadores, para lo cual deberían considerarse como primordiales aquellos que constituyen cuellos de botella críticos, priorizando la interrelación y la visión integral.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Basterra, Hess y Klees (2006). *Criterios e Indicadores*.
- Cátedra UNESCO para el Desarrollo Sustentable. *Indicadores Ambientales y su aplicación. Textos seleccionados. Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales*.
- CEPAL (2001). *El Ordenamiento Territorial como opción de políticas urbanas y regionales en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- CEPAL (2007). *Indicadores Ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile.
- Corti, Marcelo; Petrelli, Hernán. *Ordenamiento Territorial y Ordenamiento Ambiental. Café de las Ciudades*. Disponible en [http://www.cafedelasciudades.com.ar/planes\\_83.htm](http://www.cafedelasciudades.com.ar/planes_83.htm)
- Departamento de Medio Ambiente de Catalunya y Agencia Europea de Medio Ambiente (1999). *Modelos e Indicadores para ciudades más Sostenibles. Taller sobre Indicadores de Huella y Calidad Ambiental Urbana*. Catalunya, España.
- Di Pace, Maria (2004). *Ecología de la ciudad*. Buenos Aires. Editorial Universidad Nacional General Sarmiento.
- Lombardo, Juan D., compilador (2007). *Paradigmas Urbanos. Conceptos e ideas que sostienen la ciudad actual*. Universidad Nacional Gral. Sarmiento. Bs. As.
- Lorenzetti, Ricardo Luis (2009). *Teoría del Derecho Ambiental*. Editorial FEDYE.
- Observatorio Metropolitano CPAU (2013). *Las nuevas normas urbanas en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Período 2007-2011*.
- Paez García, Armando (2010). *Energía y ciudad: un enfoque postambiental*. México.
- PNUD, PNUMA, Banco Mundial y World Resources Institute (2000). *Recursos Mundiales 2000-2001*
- Reza, Ricardo Pablo (2002). *Derecho Urbanístico. Volumen I. Fondo Editorial del Derecho y Economía*.
- Taller, Adriana; Antik, Analía (2011). *Curso de Derecho Urbanístico*. Santa Fe. Rubinzal-Culzoni Editores.
- Terraza, Horacio; Blanco, Daniel; Vera, Felipe (2016). *De ciudades emergentes a ciudades sostenibles. Comprendiendo y proyectando las metrópolis del siglo XXI*. Banco Interamericano de Desarrollo. Santiago de Chile.
- UNESCO, UIA, Ministerio de Asuntos Exteriores (1999). *Ciudades intermedias y urbanización mundial*. Lleida.
- UNISDR (2013). *Cómo desarrollar ciudades más resilientes. Un manual para líderes de gobiernos locales*. Ayuda humanitaria y Protección Civil, GFDRR. Panamá.

- *Jefatura de Gabinete de Ministros, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (2013). Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.*
- <http://www.ar.undp.org/content/argentina/es/home/post-2015/sdg-overview.html>
- <http://www.buenosaires.gob.ar>
- <http://www.cofema.gob.ar/>
- <http://www.cop21paris.org/>
- <http://www.c40.org/cities/buenos-aires>
- <https://habitat3.org/>
- <http://www.rosario.gov.ar>
- <http://www.ssplan.buenosaires.gov.ar>
- <http://www.santafeciudad.gov.ar>
- <http://unhabitat.org/>

## **8. AGRADECIMIENTOS**

La autora agradece a la Directora de Trabajo Final de Especialización, Mg. Arq. Maria Laura Bertuzzi, a la Universidad Nacional del Litoral y a la familia.

## UTILIZAÇÃO DA CINZA DA CASCA DE ARROZ, HIDRÓXIDO DE SÓDIO E METACAULIM EM TRAÇOS DE CONCRETO ATIVADOS ALCALINAMENTE

*Paulo Victor Campos Guimarães (paulovictorcamposg@gmail.com); Guilherme Augusto do Nascimento Amorim (gui.amorim10@gmail.com); José Luiz Pinheiro Melges (jlmelges@dec.feis.unesp.br); Jorge Luís Akasaki (akasaki@dec.feis.unesp.br); Mauro Mitsuuchi Tashima (mmtashima@dec.feis.unesp.br); Mateus Barbosa Nishigima (mateusnishigima@gmail.com)*

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; Faculdade de Engenharia (UNESP-FEIS); Campus de Ilha Solteira - Brazil

**Palavras chave:** cimento Portland, concretos ativados alcalinamente, resistência à compressão.

*A indústria do cimento Portland é responsável direta por uma carga de poluentes que gera um significativo dano ambiental. Os concretos ativados alcalinamente (CAA) são compostos por matrizes com ativação prévia e por aglomerantes alternativos. O material catalisador comumente utilizado para proceder com a ativação prévia é o silicato de sódio, cuja fabricação também é ambientalmente nociva. O silicato de sódio, no entanto, pode ser dispensado, uma vez que a produção do ativador pode se dar através de um composto rico em silício, como, por exemplo, a cinza da casca de arroz (CCA). Neste trabalho, junto com a CCA, utilizou-se a soda cáustica como fornecedora de sódio. Os CAAs foram definidos conforme o parâmetro  $\xi$ , que representa a razão entre os óxidos de silício e de sódio, com as variações  $\xi = 1,2$ ,  $\xi = 1,6$  e  $\xi = 2,0$ , esta última representando o CAA com maior taxa de CCA. De maneira geral, as resistências à compressão axial e diametral, aos sete dias de cura, encontraram-se nas faixas de 25 a 30 MPa, e de 1,5 a 3,5 MPa, respectivamente, para a amostra  $\xi = 2,0$ . Para esse compostos, não foram observados aumentos de resistência significativos para idades mais avançadas. O módulo de elasticidade longitudinal forneceu valores entre 10 e 20 GPa, com crescimento mais significativo entre as idade de 28 e 90 dias. Para efeito de comparação, elaborou-se um concreto convencional cujas resistências à compressão axial e diametral médias foram iguais a 24 MPa e 4 MPa, respectivamente. Neste caso, observou-se um aumento das resistências até os 90 dias de cura, com módulo de elasticidade superior a 20 GPa. Em suma, os concretos ativados alcalinamente são de alta pertinência, dadas as suas propriedades estruturais.*

### 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui uma representatividade grande na economia global. Os componentes clássicos que integram as obras de infraestrutura apresentam produção em larga escala, justificada pela grande demanda desses materiais. O cimento Portland produz uma grande carga poluente no seu processo de fabricação, o que instiga o ramo de pesquisa científica a buscar novos materiais que possam substituir esse componente.

A substituição integral do cimento exige a abordagem dos geopolímeros, os quais se caracterizam por fornecer outro meio de aglomeração, uma vez que o cimento Portland não é mais um componente da mistura. Segundo Shi et al (2006), os geopolímeros tiveram sua difusão iniciada na década de 1930, através da ativação da escória com uma solução de potássio. Tais componentes são, hoje, uma grande vertente de pesquisa no ramo dos materiais alternativos de construção civil.



### 1.1. A indústria do cimento portland

O cimento Portland é o material mais consumido no ramo da construção civil. O avanço da infraestrutura incentivou a pesquisa por materiais que fornecessem propriedades satisfatórias para a aplicação no ramo construtivo. A indústria do cimento é uma das fontes mais significativas dos gases do efeito estufa (GAO et al., 2015).

Essa indústria abrange duas fontes de emissão: a advinda diretamente da queima do combustível fóssil e a relacionada com os processos de fabricação do cimento (SHEN et al., 2014). Por volta de 1990, nos Estados Unidos, o consumo médio de energia para a produção de uma tonelada de cimento, por meio do processo por via seca, era de 1,6 MWh. Nas fábricas modernas, esse valor é bem menor, estando abaixo de 0,8 mWh na Áustria, por exemplo. O consumo de eletricidade, que fica entre 6 e 8% do total da energia utilizada, normalmente é da seguinte ordem: 10 kWh para a moldagem das matérias-primas, 28 kWh na preparação da farinha crua, 24 kWh na queima e 41 kWh na moagem (NEVILLE, 2016).

### 1.2. Geopolímeros

No ano de 1981, o termo geopolímero surge na França, como a produção de aglomerante por meio da mistura de compostos alcalinos com caolinite, calcário e dolomite, pelo pesquisador Davidotis, surgindo a terminologia por razão da estrutura polimérica dos componentes finais. Mais tarde, os silicatos, aluminatos e silico-aluminatos tiveram sua reatividade comprovada com concentrações alcalinas suficientes, em termos de desempenho (SHI, et al., 2006).

Nos últimos anos, as pesquisas têm mostrado que os geopolímeros sintetizados através de uma variedade de materiais de baixo custo, tais como a cinza volante, a cinza da casca de arroz e a escória de alto forno, possuem alta capacidade de resistência à compressão e alto desempenho quando submetido a ambientes ácidos e a situações de temperatura elevada (FAN, et al., 2018). Um fator muito trabalhado na análise desse tipo de componente é a proporção entre o sódio e a solução de silicato, uma vez que é de notória relevância uma sílica em estado solúvel para o ataque aos oligômeros de alumínio (DAVIDOVITS, 2008).

Os materiais alternativos são integrados majoritariamente por descartes advindos de inúmeras atividades industriais e agrícolas. Estes podem ser incorporados nas matrizes de cimento e argamassa. Em algumas situações, o procedimento é pautado em substituir quantidades parciais de cimento por algum material que apresente os requisitos que os dão a classificação de materiais pozolânicos. Segundo Tashima (2006), as características típicas dos materiais pozolânicos levam em consideração: alto teor de SiO<sub>2</sub> ou SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, granulometria fina e material com fase amorfa. Caso essas características sejam evidenciadas, o material é capaz de reagir com o hidróxido de cálcio proveniente da hidratação do cimento.

O mecanismo de geopolimerização é pautado na habilidade dos oligômeros Al e Si serem liberados numa solução altamente alcalina, para a polimerização e formação dos compostos Na(K)-(Al)<sub>n</sub>-(Si)<sub>m</sub>-H, com intervalo para a razão m/n entre 1,5 e 3 (KAMSEU, et al., 2017). Para a formação dos polímeros, ou ainda, das estruturas tridimensionais típicas dos géis formados na matriz da pasta de cimento, a solução alcalina é imprescindível (KAMSEU, et al., 2017). De maneira geral, os geopolímeros são materiais que solicitam moderada energia para sua fomentação, sendo portanto amistosos para com o meio ambiente (KHALE, et al., 2007).

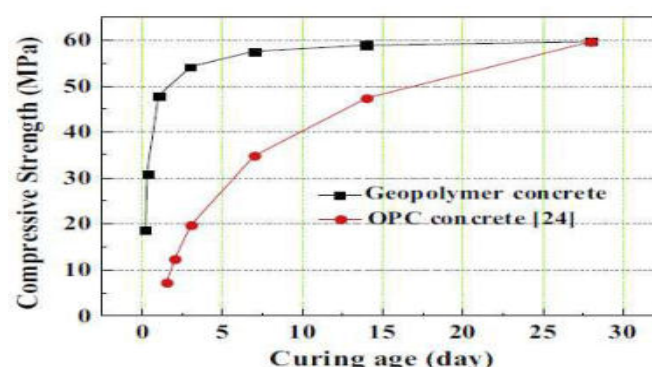
Kamseu et al (2017) afirmam que o desenvolvimento de compósitos geopoliméricos à base de metacaulim, com substituição de 75% do silicato de sódio pelo ativador formado pela

cinza da casca de arroz com o hidróxido de sódio, é uma alternativa importante para a produção de geopolímeros sustentáveis, sem contar na viabilidade mostrada pelos resultados tanto das propriedades mecânicas das amostras quanto das propriedades microscópicas das mesmas. Portanto, apenas 25% de silicato de sódio padrão, em termos do total do ativador alcalino, fez-se necessário para equilibrar o desempenho esperado para o aglomerante. A cinza da casca de arroz possui em sua composição cerca de 90 a 95% de sílica, sendo portanto utilizada como aglomerante em substituição ao aglomerante convencional (KAUR, et al., 2018).

Os concretos geopoliméricos têm atraído muitos pesquisadores para o estudo e análise de sua eficácia para o uso na indústria da construção, na qual a demanda por cimento vem aumentando no mundo inteiro. A grande vantagem que o concreto geopolimérico apresenta, com relação aos benefícios ambientais e a utilização de aglomerante cuja composição é majoritariamente de materiais reciclados, se tornou uma motivação para dar continuidade a um estudo detalhado inicializado por pesquisas prévias (HUSEIEN, et al., 2017).

Diversas linhas de pesquisa podem ser conduzidas por meio dos concretos geopoliméricos. É mister ressaltar que na abordagem de um material alternativo, existe uma vertente que não pode ser negligenciada, sendo esta as propriedades mecânicas desses novos componentes. E para efeito de comportamento estrutural, o estudo pode ser conduzido em direção à análise direta de peças estruturais. Alguns elementos de viga e de pilares podem ser produzidos em laboratório, desde que as dimensões se encaixem nas limitações dos ensaios e do ambiente próprio para o ensaio.

Os concretos geopoliméricos apresentam propriedades similares ou superiores se comparados com o concreto convencional de cimento Portland (ZHANG, et al., 2018). A evolução na resistência à compressão axial dos concretos geopoliméricos se dá, de acordo com os dados levantados por Zhang et al (2018), com ganho significativo em idades curtas. Numa linha comparativa entre os concretos ativados alcalinamente e os concretos convencionais, dependendo da tipologia de cimento Portland utilizada, as resistências iniciais podem ser altas, para o caso do CPV-ARI. A figura 1 mostra o crescimento observado para os dois grupos de concreto.



**Figura 1.** Evolução da resistência à compressão; **Fonte:** Zhan et al (2018).

Segundo Mathew et al (2018), as vigas de concreto geopolimérico possuem redução na sua capacidade de carga se submetidas a temperaturas superiores à 600°C. Tal redução é atribuída em especial ao decréscimo da ligação nas barras de aço decorrente da temperatura elevada. A ductilidade das vigas de concreto geopolimérico reduzem de maneira rápida com a elevação da temperatura em análise. É válido ressaltar que a curva-momento encontrada para as vigas de concreto geopolimérico e para as vigas de concreto convencional são semelhantes, o que torna possível uma utilização de análise comparativa

para com as deformações clássicas das vigas de concreto convencional, caso a procura seja das deformações convenientes nas peças de concreto alternativo (MATHEW, et al., 2018).

Conforme os distintos trabalhos que vão sendo reunidos, a viabilidade dos concretos geopoliméricos é clara. Diversas linhas, sejam elas focadas em propriedades mecânicas, ou em propriedades estruturais de peças (vigas, pilares ou lajes), ou ainda características físicas das matrizes de concreto, demonstram resultados significativos. Portanto essa vertente da pesquisa científica no ramo dos materiais alternativos possui grande difusão e grandes promessas de trabalhos futuros.

## 2. OBJETIVOS

O trabalho tem ênfase na análise das propriedades mecânicas de concretos com ativação alcalina prévia, estabelecendo em conjunto um comparativo para com os concretos ditos convencionais, já que o cimento Portland será suprimido de maneira integral nas matrizes dos concretos alternativos. De maneira específica, buscam-se os seguintes objetivos:

- Confeccionar um concreto alternativo otimizado, com diferentes dosagens, este com dispensa integral da utilização do cimento Portland e silicato de sódio;
- Buscar as melhores propriedades mecânicas dos concretos alternativos que serão elaborados, montando um comparativo para diferentes concretos de alta resistência inicial;

## 3. METODOLOGIA

A metodologia do trabalho será dividida em duas partes. A primeira fornecerá a descrição dos materiais utilizados na elaboração dos concretos. A segunda irá tratar dos procedimentos experimentais e aparatos utilizados para a obtenção dos resultados preliminares.

### 3.1. Descrição dos materiais

#### 3.1.1 Agregados

O agregado miúdo utilizado no desenvolvimento do projeto foi a Areia Média Natural, proveniente do Porto Nossa Senhora Aparecida, de Andradina – SP; já o agregado graúdo selecionado, foi classificado como sendo uma Brita 1, proveniente da Pedreira Três Irmãos, de Andradina – SP. Os materiais já foram previamente caracterizados, de maneira que as propriedades necessárias para proceder com as dosagens e análises posteriores foram recolhidas e utilizadas.

#### 3.1.2 Aglomerante convencional

O aglomerante selecionado para a fabricação das amostras de concreto convencional, as que serão ditas de referência para efeito comparativo, foi o cimento CPV-ARI-Plus - Cimento Portland de Alta Resistência Inicial.

#### 3.1.3 Metacaulim

Material de origem argilosa, e portanto rico em silício e alumínio, sendo que sua utilização será dada como aglomerante na mistura do concreto ativado alcalinamente. Tal composto terá função de precursor na matriz geopolimérica.

#### 3.1.4 Cinza da casca de arroz (CCA)

Material alternativo silico-aluminoso altamente difundido no ramo da construção civil, com comercialização de unidades do material. Seu caráter pozolânico é intrínseco para a elaboração da matriz geopolimérica.

### 3.1.5 Soda cáustica (NaOH)

Em substituição ao silicato de sódio, a soda cáustica, combinada com um material de origem pozolânica, no caso a CCA, fornece uma composição aproximada em relação ao silicato.

## 3.2. Procedimento experimental

### 3.2.1 Panorama geral

A metodologia geral do trabalho será pautada em dois grupos de concretos, estes sendo instrumentos de análise posterior. Tomando como ponto central o estabelecimento de comparativos e pontos de proximidade entre dois grupos distintos de concretos, é de extrema relevância detalhar o processo de dosagem de ambos os componentes.

A fabricação das amostras de concreto ativado alcalinamente compõe-se em duas etapas: a primeira sendo a preparação do ativador (CCA + NaOH + H<sub>2</sub>O), este sendo elaborado com 24 horas de antecedência ao amassamento do concreto. Passado um dia da mistura prévia dos materiais que integram o ativador alcalino, há a subsequente mistura destes com o aglomerante (metacaulim), e o efetivo amassamento do material, com a inclusão dos agregados à mistura. Em relação aos concretos convencionais, mantém-se o padrão especificado em norma, e conforme a dosagem, as amostras são construídas. Um intuito primordial do projeto foi manter o mesmo parâmetro de riqueza para as duas tipologias de concreto, e fatores água/cimento próximos, conforme a trabalhabilidade estudada previamente.

### 3.2.2 Dosagem do concreto de alta resistência inicial - Método de Dosagem do IPT/EPUSP Helene & Terzian

O método IPT/EPUSP Helene & Terzian consiste na elaboração de três traços de concreto, com as seguintes proporções entre aglomerantes e agregados secos, em massa: 1:3,5 (traço rico), 1:5,0 (traço médio) e 1:6,5 (traço pobre). Após a ruptura das amostras destes concretos, é elaborado um diagrama de dosagem, a partir do qual é possível obter a relação entre água e cimento (a/c), o traço e o consumo de cimento para o concreto definitivo, com as características pré-determinadas.

Uma vez que para os concretos referentes ao trabalho, o teor de argamassa e as proporções entre os materiais foram definidas como parâmetro constante, sendo elas: teor de argamassa de **50%** e traço **1:1,25:2,25**, os quantitativos de materiais são definidos conforme a expressão do consumo de cimento, a qual considera as massa específicas dos materiais e suas respectivas proporções na matriz de concreto.

$$C = 1000 - \text{teorar (\%)} / (1 / \gamma_c + a / c / \gamma_{\text{água}} + a / \gamma_a + p / \gamma_p) \quad (1)$$

Onde:

- $\gamma_c$  é a massa específica do cimento, em kg/m<sup>3</sup>;
- $\gamma_{\text{água}}$  é a massa específica da água, a qual vale 1 kg/m<sup>3</sup>;
- $\gamma_a$  é a massa específica da areia, em kg/m<sup>3</sup>;
- $\gamma_p$  é a massa específica da brita, em kg/m<sup>3</sup>;

### 3.2.2 Dosagem dos concretos ativados alcalinamente (CAA)

Os concretos ativados alcalinamente (CAA) apresentam uma grande particularidade no seu procedimento de dosagem dos materiais. Existe a consideração de parâmetros estequiométricos para estabelecimento de cada proporção em específico. É mister iniciar a abordagem citando dois óxidos intrínsecos no tratamento desse tipo de matriz. São eles: SiO<sub>2</sub> e Na<sub>2</sub>O. O parâmetro que terá variabilidade é justamente a proporção destes dois elementos; esse parâmetro,  $\xi$ , pode variar de 0 até em torno de 2,4, considerando as proporções ótimas testadas na matriz de argamassa. É válido ressaltar que essas relações

são provenientes do valor  $\xi = 1,2$  no qual, em termos de massa, resultam em iguais quantidades de CCA e NaOH. Portanto, um incremento para  $\xi = 1,6$  nos indica que houve um acréscimo do óxido  $\text{SiO}_2$ .

O precursor (metacaulim) da matriz geopolimérica será o parâmetro inicial que fornecerá o volume de CAA final. De maneira empírica, constatou-se que são necessárias 680 gramas do precursor para gerar um volume de CAA de 1,6 litros, o qual se aproxima do volume característico do corpo-de-prova com altura de 20 centímetros e diâmetro de 10 centímetros.

Com relação ao ativador, cuja composição não traz o silicato de sódio industrial, terá as massas da CCA (cinza da casca de arroz) e do NaOH (soda cáustica) conforme o parâmetro  $\xi$ . A água da mistura será de acordo com as proporções geradas mediante os cálculos estequiométricos e a molalidade estabelecida para a confecção das amostras. A molalidade permite a retirada, em valores de massa, dos materiais utilizados na construção dos CAA's. Considerando o peso molecular dos óxidos  $\text{SiO}_2$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ , e levando em consideração o fato destes componentes serem a base da CCA e da soda cáustica, respectivamente, é possível levantar os quantitativos desses materiais. A preparação dos concretos ativados alcalinamente solicita confecção prévia (24 horas de antecedência) do ativador.

Em relação aos agregados, a traço foi fixado na proporção 1:1,25:2,25, em que o metacaulim (aglomerante) fornece o parâmetro Inicial para a determinação dos demais quantitativos. O fator água/aglomerante foi padronizado no valor de 0,6, este com origem em testes empíricos de argamassas geopoliméricas para a avaliação da melhor amostra em termos de trabalhabilidade e possibilidade de fabricação dos corpos de prova. É importante garantir que os agregados ocupem mais de 70% da massa total da matriz de concreto CAA.

Conforme a dosagem própria especificada, a tabela 1 traz os valores percentuais dos componentes para a confecção dos concretos. Em conjunto com os parâmetros de dosagem dos concretos CAA, a tabela também fornece as proporções dos concretos convencionais. Uma vez que o aglomerante para as matrizes é o metacaulim, é a partir dele que a dosagem se procede, com a determinação do restante dos materiais. As massas e os respectivos volumes arbitrários de CAA são definidos conforme as proporções apresentadas.

Tabela 1. Proporção dos materiais para a dosagem dos CAA's e concretos referência

Amostra	Aglomerante (%)	$\text{SiO}_2 / \text{Na}_2\text{O}$	Aglomerante:água:a:p	Molalidade
CAA-1,2	100% MK	1,2	1:0,6:1,25:2,25	8
CAA-1,6	100% MK	1,6	1:0,6:1,25:2,25	8
CAA-2,0	100% MK	2,0	1:0,6:1,25:2,25	8
CPV-ARI 0,55	100% CPV-ARI	-	1:0,55:1,25:2,25	-

Nota: MK se trata da nomenclatura referente ao Metacaulim. A Molalidade é medida em mol.Kg-1.

O correspondente a um quilograma de metacaulim fornece, em termos de volume, aproximadamente 2,5 litros de concreto ativado alcalinamente, seguindo a dosagem especificada. Uma análise primária da tabela 1 concretiza, em termos percentuais, as relações estabelecidas entre o aglomerante e os agregados e a água de amassamento. Os componentes base para o ativador alcalino se relacionam, de maneira estequiométrica, conforme o parâmetro  $\xi$ , sendo convertidos em massa conforme seus pesos moleculares e a molalidade definida para as dosagens.

### 3.2.3 Amassamento, adensamento e cura dos concretos

A mistura típica para os concretos convencionais será a padrão para a elaboração dessa tipologia de amostra. Pesados os quantitativos dos materiais, iniciou-se o processo de mistura mecânica destes na betoneira. Inicialmente, foram adicionados os agregados que



compõem a mistura (Brita 1 e Areia Média), além de 50% da parcela da água dosada. A betoneira foi ligada por 60 segundos. Posteriormente foi acrescentado o aglomerante CPV-ARI e os demais 50% da água referente.

Na sequência, o concreto formado foi misturado por mais 180 segundos, até que sua consistência ideal fosse verificada. No que diz respeito ao uso de aditivo superplastificante, para as dosagens trabalhadas não se fez necessário o acréscimo deste material à mistura, uma vez que os concretos apresentam fator a/c considerável e portanto, em sua essência, já apresentaram trabalhabilidade satisfatória.

O adensamento dos concretos foi desenvolvido de maneira padronizada para os dois grandes grupos de concretos. É mister ressaltar que tais tipologias apresentam fluidez com significativa distinção, entretanto, a construção dos corpos de prova foi viabilizada pela coesão de todas as matrizes de concreto. Com o auxílio da mesa vibratória, estipulando o tempo de vibração em aproximadamente 60 segundos, o preenchimento das fôrmas foi gradativo e se deu através de três camadas (cerca de um terço da altura do molde, para cada parcela).

Foram utilizados moldes de PVC, cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, para os concretos de alta resistência inicial, enquanto que, para os concretos CAA, os moldes foram encomendados com material propício para a não aderência entre o mesmo e o concreto ativado alcalinamente. Com relação à cura das amostras, os corpos de prova confeccionados permaneceram em câmara úmida para cura, mediante temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 100%, até as idades correspondentes de ensaio.

#### **3.2.4 Ensaios destrutivos e manuseio de dados**

Após o tempo de cura de cada concreto em questão, realizou-se o ensaio de resistência à compressão diametral (NBR 7222 - ABNT, 2011). As idades de ensaios foram iguais a 7, 28 e 90 dias. A ruptura foi conduzida com a utilização de uma máquina universal de ensaios da marca EMIC, com capacidade de 300KN de carga aplicada. De posse dos valores das rupturas, a resistência à compressão diametral será medida analisando a área da superfície lateral do corpo de prova, já que essa região foi solicitada.

O ensaio de resistência à compressão axial foi conduzido segundo a norma NBR 5739 - ABNT, 2007. As idades de ensaios propostas foram as necessárias para a construção do ganho de resistência inicial e também para a avaliação em maiores idades de cura. São elas: 1, 3, 7, 14, 28 e 90 dias. Os valores médios foram calculados considerando o desvio relativo máximo, conforme item 3.6.3 da NBR 7215 (ABNT, 1997). Para desvios relativos máximos superiores a 6%, foram desconsiderados os valores discrepantes e calculadas novas médias, conforme prescreve o item 3.6.4 da NBR 7215 (ABNT, 1997).

Além da apresentação dos dados das médias de resistência à compressão, calculou-se o desvio padrão correspondente, após o descarte dos corpos de prova com desvios relativos acima de 6%. Com o desvio padrão calculado, o cálculo do coeficiente de variação pode ser procedido utilizando a média de resistência obtida. O desvio padrão relaciona os valores de cada amostra com a média calculada.

Em concomitância com o ensaio de resistência à compressão axial, foi coletado o módulo de elasticidade longitudinal dos concretos, por meio da utilização de extensômetros para medição da deformação. Portanto, houve o levantamento da carga última de ruptura juntamente com a relação entre as grandezas de tensão aplicada e deformação evidenciada, sendo, através da relação entre ambas, possível quantificar o módulo de elasticidade longitudinal das amostras.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Resistência à compressão diametral

A tabela 2 reúne as resistências à compressão diametral acompanhadas do coeficiente de variação próprios de cada amostragem considerada.

Tabela 2. Resistência à compressão diametral (MPa)

Amostra	7 dias	28 dias	90 dias
CAA-1,2	1,37 ± 3,75%	1,37 ± 7,93%	1,40 ± 3,14%
CAA-1,6	2,08 ± 6,14%	2,79 ± 2,35%	2,90 ± 4,46%
CAA-2,0	3,21 ± 3,26%	3,32 ± 0,35%	3,48 ± 12,83%
CPV 0,55	3,30 ± 1,31%	3,74 ± 1,16%	4,20 ± 6,52%

No geral, as resistências adquirem seus valores limite na idade de sete dias, mantendo-os para as idades subsequentes. Os coeficientes de variação demonstram baixa variabilidade com relação aos valores médios levantados. Os concretos se caracterizam por serem materiais de baixa resistência à compressão diametral. Fica observada um aumento na resistência à compressão diametral à medida que a solução ganha em quantitativo de CCA. Portanto da amostra CAA-1,2 até a amostra CAA-2,0 há um crescimento significativo na propriedade analisada. Verifica-se, em acréscimo, uma maior proximidade entre o grupo CAA-2,0 e CPV-ARI 0,55, aproximando-os, inicialmente para a mesma classe de resistência à compressão diametral. O concreto CPV-ARI 0,45 evidencia um desempenho maior no que diz respeito ao ensaio analisado, e portanto, espera-se um distanciamento também nas demais propriedade que serão analisadas.

### 4.2. Resistência à compressão axial e módulo de elasticidade

Para uma análise do ganho de resistência em idades mais curtas, avalia-se, inicialmente, as primeiras resistências dos concretos. A tabela 3 abrange as resistências à compressão axial acompanhadas dos coeficientes de variação da amostragem considerada, até os 28 dias.

Tabela 3. Resistência à compressão axial (MPa)

Amostra	1 dia	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
CAA-1,2	6,22 ± 3,12%	16,36 ± 4,28	16,53 ± 6,87%	16,43 ± 6,88%	17,10 ± 0,55%
CAA-1,6	16,58 ± 1,47%	21,00 ± 0,18%	26,79 ± 3,20%	28,53 ± 1,94%	28,75 ± 2,91%
CAA-2,0	15,54 ± 3,20%	22,90 ± 2,96%	29,91 ± 5,50%	29,72 ± 0,21%	33,00 ± 2,67%
CPV 0,55	14,26 ± 1,60%	20,38 ± 6,26%	24,36 ± 9,08%	32,22 ± 8,38%	33,25 ± 7,73%

Os dados da tabela 2 fornecem as curvas de resistência ilustradas pela figura 2, a qual é apresentada na sequência:

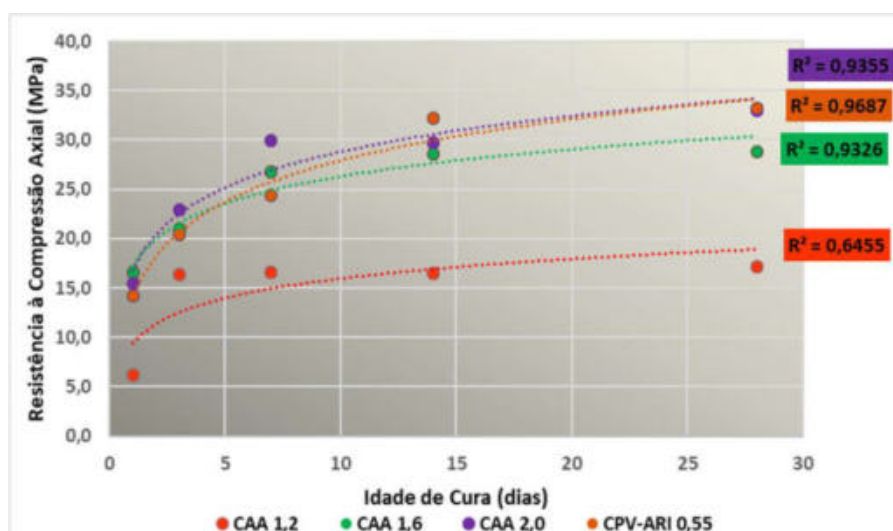


Figura 2. Curvas que melhor representam a evolução da resistência à compressão axial dos concretos.

Em termos comportamentais da curva de resistência, o formato logarítmico garante um valor do  $R^2$  acima de 95% para ambos os modelos de curvas, no que faz referência ao concreto CPV-ARI. Portanto existe uma alta possibilidade de valores medidos em idades aleatórias, ou até mesmo novas medições das idades correspondentes para a construção das curvas, estarem expressos pelo formato de curva apresentada.

Procedendo com a análise direcionada aos concretos ativados alcalinamente, com exceção da tipologia CAA-1,2, as demais amostras (CAA-1,6 e CAA-2,0) apresentam um comportamento próximo ao formato logarítmico, o que diretamente aproxima os concretos CAA do de alta resistência inicial CPV-ARI. De fato, uma vez que era desconhecido o comportamento geral dessas amostras alternativas, existe uma proximidade clara para com os concretos convencionais. Assim como nas próprias médias de resistências, as curvas de evolução dessa propriedade aproximam, em especial as amostras com melhores propriedades, os concretos CAA com o referência para análise CPV-ARI 0,55.

O grupo CAA 2,0 demonstrou o ápice dos resultados dentre os concretos alternativos, com o alcance da classe C30 para a resistência à compressão axial. A amostra CAA 1,6 é muito próxima da classe C30, porém usando o critério das médias de resistências, a classe C25 seria, em conjunto com a C30, plausível de ser designada para esse tipo de concreto ativado alcalinamente. Em contrapartida, o grupo CAA 1,2 fornece uma propriedade visivelmente inferior aos demais, sendo que sua classe estaria inserida entre as padronizadas C15 e C20.

Elaborando um paralelo entre as amostras CAA-1,2 e CAA-2,0, em relação à dosagem, não há grandes distinções. Contudo, é de extrema importância o ponto de partida nessas amostras alternativas fomentadas. A dispensa do silicato de sódio torna intrínseco o fornecimento adequado de silício através do resíduo base do trabalho. A cinza, a qual é a fornecedora de sódio, deve ser atuante na mistura de concreto, e de maneira empírica observa-se que a classe terá desempenho mais satisfatório a partir do CAA-1,6.

Com relação ao módulo de elasticidade, os dados obtidos pelo ensaio descrito na metodologia é exposto pela tabela 4:

Tabela 4. Módulo de elasticidade longitudinal (GPa).

Amostra	1 dia	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
CAA-1,2	5,21 ± 4,04%	11,13 ± 7,55	10,94 ± 8,06%	11,44 ± 13,92%	11,16 ± 2,25%
CAA-1,6	5,44 ± 4,22%	12,90 ± 9,78%	13,34 ± 1,60%	13,72 ± 1,52%	14,96 ± 0,56%

CAA-2,0	8,83 ± 6,94%	13,24 ± 5,55%	16,89 ± 4,25%	16,08 ± 2,38%	16,13 ± 3,48%
CPV 0,55	20,17 ± 5,11%	23,65 ± 2,21%	23,74 ± 11,38%	25,28 ± 9,17%	25,41 ± 6,05%

Existe um claro distanciamento da propriedade, comparando os concretos de alta resistência inicial e os concretos ativados alcalinamente. Aos sete dias de idade, são notórios os módulos alcançados pelo grupo CPV-ARI 0,55, com superação da faixa de 20 GPa para ambos.

Os concretos alternativos atingem limitações no que diz respeito ao módulo de elasticidade. Em especial o grupo CAA-2,0, houve êxito pelo aumento dessa propriedade, apesar das médias apresentarem quedas na transição entre as idades de 7, 14 e 28 dias. Em termos estatísticos, e considerando a sensibilidade do medidor de deformação utilizado para a construção do módulo, há uma possível constância na propriedade em questão, apesar do que está retratado para o CAA-2,0 aos 14 dias de idade, cujos valores limitadores são 16,17 GPa e 17,61 GPa.

As curvas de evolução dessa propriedade foram construídas de maneira análoga à resistência à compressão axial. Segue a figura 3 com a descrição das curvas:

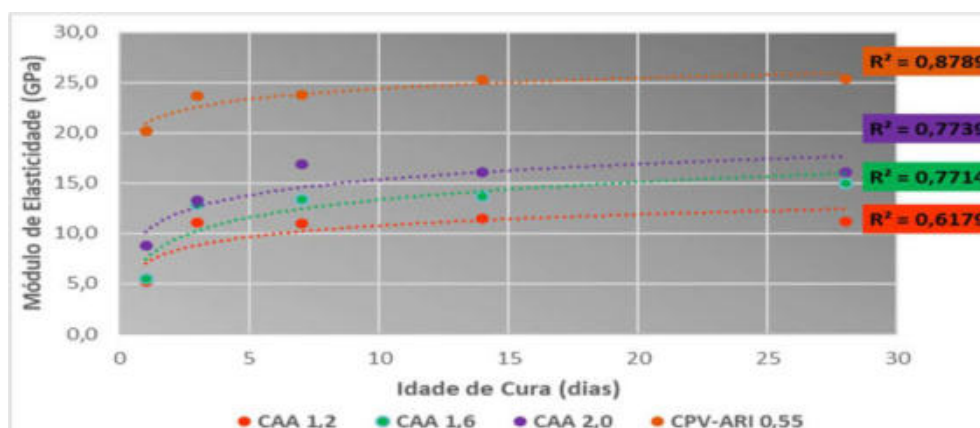


Figura 3. Curvas logarítmicas representativas da evolução do módulo de elasticidade longitudinal dos concretos.

Os formatos logarítmicos são, visualmente uma escolha de alta pertinência. Porém, o fator de proximidade dos valores base para com as curvas retratam de maneira opostora a validade do modelo de curva. O concreto CAA-1,2 é de fato a amostra que fornece a maior instabilidade em termos de características mecânicas, em que, tanto na propriedade do módulo de elasticidade, quanto na resistência à compressão axial, há um crescimento único até os três dias de idade, com posterior constância dos parâmetros. Os demais concretos alternativos têm maior proximidade com o concreto de alta resistência inicial, pois há uma elevação dos valores mais declarada, em especial entre as idades de 1 e 14 dias.

Com relação aos parâmetros médios aos 90 dias de idade, observam-se os seguintes valores, conforme é apresentado pela tabela 5.

Tabela 5. Propriedades mecânicas dos materiais aos 90 dias.

Amostra	Resistência à Compressão (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)
CAA-1,2	18,97 ± 0,61%	10,96 ± 2,08%
CAA-1,6	28,45 ± 1,35%	17,27 ± 1,45%
CAA-2,0	33,50 ± 2,46%	16,91 ± 3,43%
CPV 0,55	37,11 ± 6,83%	29,97 ± 4,56%

Não houve a constatação de ganhos consideráveis na transição entre as idades de 28 e 90 dias. De maneira geral, a amostra CAA-1,6 apresentou a maior elevação, dentre os compostos alternativos, no módulo de elasticidade. Esta, entretanto, não evidencia uma distinção sólida em termos numéricos. Em suma, há a manutenção dos valores das propriedades mecânicas.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados reforçam os objetivos que foram propostos pelo trabalho. Em termos da fabricação dos concretos ativados alcalinamente, o seu procedimento de dosagem foi contemplado com eficácia e foi possível perceber os distintos condicionantes dos materiais que interferem mais adiante, nas propriedades mecânicas propriamente ditas.

Em relação às diferentes tipologias de CAA trabalhadas, houve um alcance das melhores propriedades na amostra CAA-2,0, a qual, em termos de dosagem, possui seu ativador mais robusto em termos do quantitativo de silício e consequente fator de polimerização. Porém, é mister ressaltar que o grupo CAA-1,6 forneceu resultados pertinentes, em especial para a resistência à compressão e o módulo de elasticidade.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 9 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7222: concreto e argamassa — determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 1 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 8 p.
- Davidovits, J., 2008. Geopolymer Chemistry and Applications, p. 570. Publ. Morrisville, USA.
- Fan, F.; Liu, Z.; Xu, G.; Peng, H.; Cai, C.S. Mechanical and thermal properties of fly ash based geopolymers. *Construction and Building Materials*, v.160, p.66-81, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.023>.
- Gao, T.; Shen, L.; Shen, M.; Chen, F.; Liu, L.; Gao, L. Analysis on differences of carbon dioxide emission from cement production and their major determinants. *Journal of Cleaner Production*, v.103, p.160-170, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.026>.
- Helene, P.; Terzian, P. *Manual de Dosagem e Controle do Concreto*. São Paulo: Copyright editora PINI LTDA, p.349, 1993.
- Huseien, G.F.; Mirza, J.; Ismail, M.; Ghoshal, S.K.; Hussein, A.A. Geopolymer mortars as sustainable repair material: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.80, p.54-74, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.076>.
- Kamseu, E.; Beleuk à Mounsam, L.M.; Cannio, M.; Billong, N.; Chaysiwan, D.; Chinje Melo, U.; Leonelli, C. Substitution of sodium silicate with rice husk ash-NaOH solution in metakaolin based geopolymer cement concerning reduction in global warming. *Journal of Cleaner Production*, v.142, p.3050-3060, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.164>.
- Kaur, K.; Singh, J.; Kaur, M. Compressive strength of rice husk ash based geopolymer: The effect of alkaline activator. *Construction and Building Materials*, v.169, p.188-192, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.200>.
- Khale, D.; Chaudhary, R. Mechanism of geopolymerization and factors influencing its development: a review. *J Mater Sci*, v.42, p.729-746, 2007. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-006-0401-4>.



- Mathew, G.; Joseph, B. *Flexural behaviour of geopolymer concrete beams exposed to elevated temperatures. Journal of Building Engineering*, v.15, p.311-317, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2017.09.009>.
- Neville, A.M. *Propriedades do concreto / A. M. Neville; tradução: Ruy Alberto Cremonini. - 5. Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2016.*
- Shen, L.; Gao, T.; Zhao, J.; Wang, L.; Lan, W.; Liu, L.; Chen, F.; Xue, J. *Factory-level measurement on CO<sub>2</sub> emission factors of cement production in China. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.34, p.337-349, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.025>.
- Shi, C; Krivenko, P.V; Roy, D. *Alkali-Activated Cements and Concretes. e-Library, 2005, 388p.*
- Tashima, M. M. *Cinza de casca de arroz altamente reativa: método de produção, caracterização físico-química e comportamento em matrizes de cimento Portland. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.*
- Zhang, H.Y.; Kodur, V.; Wu, B.; Yan, J.; Yuan, Z.S. *Effect of temperature on bond characteristics of geopolymer concrete. Construction and Building Materials*, v.163, p.277-285, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.12.043>.

## 7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

# ANÁLISE FATORIAL E PLANEJAMENTO URBANO: CRIAÇÃO DE INDICADOR DE EFICIÊNCIA URBANA (IEURB) PARA OS MUNICÍPIOS DE MATO GROSSO DO SUL

Tiago Machado Faria de Souza ([tiago.faria@live.com](mailto:tiago.faria@live.com)); Cibele Runichi Fonseca ([cibele.fonseca@ifms.edu.br](mailto:cibele.fonseca@ifms.edu.br)); Vivian Leticia Agüero Godoy ([vivian.godoy20@gmail.com](mailto:vivian.godoy20@gmail.com)); Cláudia Maria Sonaglio ([csonaglio@uems.br](mailto:csonaglio@uems.br))

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS); Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e de Sistemas Produtivos (PPGDRS) - Brazil  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS) - Brazil

**Palavras chave:** análise fatorial, indicador de eficiência urbana, Mato Grosso do Sul, planejamento regional e urbano.

*Com o avanço da idealização por parte das teorias urbanas por 'cidades ideais', passou-se a questionar a relação entre crescimento econômico e o real acesso da população aos centros urbanos de qualidade, conforme estabelecido pelo Estatuto das Cidades Brasileiro. Esta pesquisa delimita sua área de estudo aos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul, recorrendo à análise fatorial como método para criação de um Indicador de Eficiência Urbana (IEURB), ranqueando-os conforme resultado. A técnica viabilizou a análise de uma grande quantidade de variáveis, sendo possível condensá-las em fatores capazes de explicar grande parte da variabilidade dos dados. De acordo com os resultados, evidenciou-se que os municípios que apresentam melhores condições de infraestrutura urbana também são aqueles com bons índices educacionais, sociais e econômicos. Campo Grande e Dourados dispõem de altas condições econômicas e sociais de proporcionar uma urbanidade adequada a seus habitantes, enquanto 36 apresentam capacidade média e 39, baixa.*

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de ordenamento urbano caracteriza-se por um extenso histórico de mudanças de paradigmas e preceitos. De acordo com Moraes, Sobreira e Lima (2016), as primeiras tentativas de elaboração de indicadores de qualidade de vida urbana abordavam somente os aspectos econômicos, desconsiderando os pormenores sociais e ambientais.

A partir de 1960, com o aumento da preocupação com os impactos ambientais ao planeta, diversos autores passaram a retomar a valorização de cidades mais desenvolvidas e sustentáveis. Para Costa (2009), o desenvolvimento só será efetivo se for sustentável, ou seja, para que exista um verdadeiro desenvolvimento deve haver a promoção humana nos aspectos econômicos, social, político, ambiental e cultural.

De um modo amplo, o desenvolvimento propiciado pelo planejamento urbano ultrapassa os limites do crescimento econômico. É de prima importância que se atenda as demandas sociais, proporcionando melhoria na qualidade de vida das populações que residem nos municípios brasileiros. Para Sen (2010) o desenvolvimento só é alcançado quando as principais fontes de privação são removidas do contexto social, dentre estas o autor destaca: a pobreza e tirania, a carência de oportunidades econômicas e destruição social sistemática, negligência dos recursos públicos e intolerância.

O objetivo principal deste estudo é criar um indicador de eficiência urbana das municipalidades do estado de Mato Grosso do Sul. Sua elaboração permite ranquear os municípios do estado, possibilitando o direcionamento das ações políticas públicas urbanas daqueles que apresentam valores abaixo da média estadual, caracterizando-os como incapazes economicamente de gerirem seus territórios com eficiência. Esse indicador possibilita intervenções que possam direcioná-los a construção de um modelo urbano mais viável, onde o acesso a infraestrutura, equipamentos e mobiliários urbanos possa ser condizente com a realidade econômica das gestões públicas.

Através da análise fatorial, pretende-se sintetizar um grande conjunto de variáveis originárias de diversos referenciais, em um menor conjunto destas, denominado fatores, conforme Landau e Everitt (2004) que definem a análise fatorial como uma técnica de análise exploratória de dados para redução de variáveis com intuito de descrever e classificar um fenômeno, detectando as estruturas nos relacionamentos entre as variáveis.

### **1.1. Desenvolvimento e planejamento urbano**

No Brasil, o conceito de planejamento urbano nasce juntamente com a Constituição Federal (BRASIL, 1988). O Estatuto das Cidades, criado em 2001, sugere uma série de instrumentos de política urbana, (BRASIL, 2001), regulamentando os artigos 182 e 183 da Constituição Federal através da lei 10.257 (BRASIL, 2001), que contribuíram para a efetiva qualificação do desenvolvimento. Para Oliveira (2002), suas diretrizes formam um conjunto de normas que permitem o racional aproveitamento do solo urbano, planejando a vida em comunidade, dando à propriedade sua função social, com o objetivo de melhoria da qualidade do meio ambiente urbano, em todas suas dimensões.

Neste sentido, o Plano Diretor, previsto constitucionalmente e regulamentado no Estatuto da Cidade, revela-se como importante instrumento de planejamento capaz de proporcionar centros urbanos dignos, ecologicamente equilibrados, pois transfere da união às regiões e municípios, o dever de buscar formular políticas públicas que visam a sustentabilidade.

Tais políticas públicas de planejamento urbano que compõem o documento, principalmente as de direcionamento do uso do solo urbano, podem ser utilizadas para estabelecer novos modelos de cidades, que sejam economicamente apropriados para implantação de equipamentos, mobiliários e infraestrutura de qualidade, para aprimorar o aspecto urbano e garantir o acesso dos moradores à cidade em sua plenitude. As municipalidades podem, por exemplo, utilizar de métodos que garantam o adensamento populacional em áreas que já possuam infraestrutura de qualidade, atitude primordial para evitar-se crises urbanas.

Nobre (2004), ao explicar sobre modelos urbano sustentáveis, afirma que – primordialmente - a densidade urbana<sup>15</sup> pode ser considerada como elemento principal capaz de proporcionar o crescimento urbano sustentável às cidades, pois maximiza o uso da infraestrutura instalada. Diversos autores retratam a importância de considerá-la como ferramenta chave na aplicação de políticas públicas de planejamento territorial visando centros populacionais mais humanos e sustentáveis, além de poder avaliar a eficiência econômica.

Para Jacobs (2000), a alta densidade urbana é capaz de promover a diversidade nos centros urbanos, fundamental para tornar viável as combinações ou misturas de uso e garantir o sucesso dos centros urbanos. Segundo Maricato (2004), a extensão horizontal da cidade com grandes vazios urbanos acaba por segregar grande parte da população às periferias, carentes de infraestrutura urbana e serviços, onerando o Estado que precisa suprir as necessidades dessa população e ao mesmo tempo favorecendo o mercado

---

<sup>15</sup> Considera-se densidade urbana como a relação de indivíduos ocupando determinado perímetro urbano.

imobiliário e especuladores.

A desigualdade também se expressa na capacidade de gestão do município, no grau de dependência dos recursos estaduais e federais, e mais, na sua capacidade de produzir riquezas e transformá-las em qualidade de vida para a população (PINHEIRO, 2010). Morais, Sobreira e Lima, (2016, p. 275) ao analisarem padrões de desenvolvimento relacionados à infraestrutura urbana das regiões brasileiras afirmam que, de acordo com Melo e Parré (2007), estudos comprovam a importância da educação para o desenvolvimento das regiões, pois um maior número de matrículas escolares está atrelado a uma melhor infraestrutura da rede de ensino e conseqüentemente da infraestrutura urbana ao serviço de educação.

Segundo o IBGE (2017), o estado de Mato Grosso do Sul apresenta uma das menores taxas de densidade urbana do Brasil, 6,34 habitantes por quilômetro quadrado. “A presença da pecuária em Mato Grosso não estimulou o desenvolvimento de uma densa malha de cidades e nem de grandes cidades” (MAMIGONIAN, 1986, p. 39 apud SANTOS, 2013). Este estado está produtivamente voltado a um mercado externo consumidor de gêneros agropecuários que concentra a renda e o espaço – urbano e rural (SANTOS, 2013).

Segundo estimativa populacional do IBGE de 2017, apenas 8 dos 79 municípios possuem mais de 50.000 habitantes. Como consequência, moldou-se como característica cidades com uma área urbana pseudourbanizada<sup>16</sup>, tornando inviável economicamente dispor à totalidade dos perímetros urbanos serviços de infraestrutura de qualidade, pois densidades baixas acarretam em custos altos de manutenção e implantação de novos equipamentos e serviços públicos.

## 2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este estudo está pautado em uma abordagem de pesquisa quantitativa, utilizando como método a análise fatorial. Para Silva (2017), nas ciências sociais a pesquisa quantitativa corresponde a uma medição objetiva e à quantificação dos resultados, ou seja, mede com precisão as variáveis que são expressas através de números. Visa-se mensurar, pelo método multivariado da análise fatorial, a capacidade das municipalidades de prover e manter financeiramente uma urbe cujos serviços de infraestrutura e planejamento urbano garantam o direito à cidade a todos seus usuários.

Segundo Haddad (1989), a análise fatorial é amplamente empregada para agrupar variáveis no intuito de delinear padrões de variações nas características de um conjunto de fatores que possam identificar o estágio de desenvolvimento econômico, urbano e social de um determinado local ou região. Por isso, o uso da técnica passou a ser empregada por diversos pesquisadores, principalmente aos relacionados ao desenvolvimento.

Com o intuito de reduzir o número de variáveis aleatórias, este estudo faz uso da análise fatorial via fatores principais, que reduz o número de variáveis iniciais em um conjunto menor para facilitar a interpretação dos dados, possibilitando compreender quais são as variáveis que mantêm maior correlação com eficiência urbana.

A matriz dos coeficientes principais agrupa as variáveis que apresentem semelhanças em fatores. Porém, pode-se rejeitar a estrutura inicial das estimativas das cargas fatoriais, pois ela não é definitiva. O método proporciona a possibilidade de fazer a rotação destes fatores, auxiliando em sua interpretação e nomeação (LEMOS, 2001). Foi utilizado a Rotação

---

<sup>16</sup> Modelo de urbanização pautado na expansão das periferias urbanas que, geralmente, indispõem dos mínimos serviços de infraestrutura urbana como transporte público, pavimentação e serviço de coleta de esgoto.

Varimax, que permite facilitar a interpretação do comportamento das variáveis em relação aos fatores, pois altera o eixo de rotação sem modificar os valores.

O teste de estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) foi utilizado para verificar a correlação entre os indicadores e validar o modelo. Quando o KMO está próximo de 1, indica a adequabilidade de ajuste do modelo de análise fatorial. Um coeficiente abaixo de 0,5 exige medidas de correção nos dados amostrais através da exclusão ou inclusão de novas variáveis (MINGOTI, 2007).

A partir dos escores dos fatores selecionados, obtém-se o indicador bruto. Segundo Melo e Parré (2007), os fatores auxiliam a identificar o estágio de desenvolvimento do objeto de estudo e possibilitam criar indicadores. Baseado na classificação feita por Melo (2007), categorizou-se em graus (alto, médio e baixo) o indicador de eficiência urbana. Por fim, através do programa GeoDa, elaborou-se um mapa temático do estado de Mato Grosso do Sul, conforme resultados apresentados.

### **3. VARIÁVEIS E FONTES DE DADOS**

As variáveis utilizadas estão ligadas à aspectos urbanos, sociais econômicos. Utilizaram-se dados secundários já consolidados, coletados nos bancos de dados, remetendo ano de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – Atlas Brasil, Departamento de Trânsito do Estado do Mato Grosso do Sul (DETRAN-MS), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN).

Foram selecionadas 19 variáveis que traduzem as condições de educação (X1 a X6), renda (X7 a X9), aspectos sociais (X10 e X11) e infraestrutura urbana (X12 a X27) dos 77 municípios pertencentes ao estado de Mato Grosso do Sul. Dois municípios do Estado foram desconsiderados da amostra, pois devido sua recente criação, não é possível evidenciá-los em algumas variáveis.



Quadro 1. Identificação das variáveis, as dimensões às quais se inserem e suas fontes.

Dimensão	Variáveis	Identificação das variáveis	Fontes (2010)
Educação	X1	Anos de estudo	IBGE
	X2	Alunos matriculados no Ensino Fundamental	IBGE
	X3	Alunos matriculados no Ensino Médio	IBGE
	X4	Alunos matriculados no Ensino Superior	IBGE
	X5	Taxa de analfabetismo	IBGE
	X6	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB)	IBGE
Renda	X7	Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM)	FIRJAN
	X8	População economicamente ativa	IBGE
	X9	Renda per capita média (RDPC)	IBGE
Social	X10	Trabalho Infantil	IBGE
	X11	Índice de Gini	IBGE
Infraestrutura Urbana	X12	% da população que vive em domicílios com energia elétrica	IBGE
	X13	% da população que vive em domicílios com água canalizada	IBGE
	X14	% da população que vive em domicílios com serviço de tratamento de água e esgoto	IBGE
	X15	Existência de telefone	IBGE
	X16	Total de veículos	DETRAN-MS
	X17	População residente total	IBGE
	X18	População residente na área urbana	IBGE
	X19	Residências de alvenaria	IBGE
	X20	Área urbana	EMBRAPA
	X21	Iluminação pública	IBGE
	X22	Pavimentação	IBGE
	X23	Calçada	IBGE
	X24	Arborização	IBGE
	X25	Esgoto à céu aberto	IBGE
	X26	Total de domicílios	IBGE
X27	Notificações de dengue	IBGE	

Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No intuito de verificar a adequabilidade do modelo de análise fatorial, utilizou-se a estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O quadro 2 apresenta a informação de que o grau de intercorrelação entre as variáveis gerou um valor de 0,9180, sugerindo uma boa adequação dos dados à análise fatorial. Os valores obtidos nesse teste variam de 0 a 1, quanto mais próximo de 1 mais adequada é a amostra à aplicação da análise fatorial (FERREIRA Jr., BAPTISTA & LIMA, 2004).

Quadro 2. Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) do modelo.

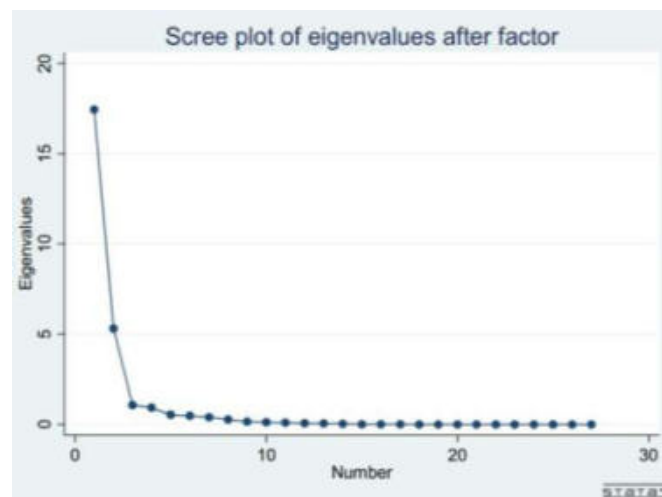
Variável	KMO	Variável	KMO
x1	0.8571	x15	0.9102
x2	0.9459	x16	0.9333
x3	0.9387	x17	0.9359
x4	0.9184	x18	0.8501
x5	0.8094	x19	0.9306
x6	0.7941	x20	0.9193
x7	0.8707	x21	0.9125
x8	0.9350	x22	0.9206
x9	0.8753	x23	0.9683
x10	0.5935	x24	0.9567
x11	0.8043	x25	0.9072
x12	0.7906	x26	0.9303
x13	0.8700	x27	0.9526
x14	0.9329	Global	<b>0.9180</b>

Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.

Optou-se por pela retenção dos 3 primeiros fatores, utilizando três critérios:

- Da raiz latente: selecionando fatores cujos autovalores são superiores a 1.
- Percentagem de variância: sugere que uma explicação mínima de 60% da variabilidade seja suficiente, ou seja, conforme a tabela 4, a hipótese de se considerar os 3 primeiros fatores atende ao método.
- Teste Scree: verifica a quantidade de fatores extraídos por meio dos maiores autovalores, neste caso retêm-se fatores com valores acima de 1.

Gráfico 1. Teste Scree.



Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.

Após averiguação, concluiu-se que a decisão de utilizar os três primeiros fatores está fundamentada. Posteriormente à interpretação de cada fator, deve-se nomear cada um deles. As variáveis que possuem cargas fatoriais mais significativas em determinado fator, são as que mais contribuem para sua nomeação. Segundo Hair et al. (2005), uma carga fatorial é dita significativa quando seu valor é superior a 0,60.

De acordo com Hair et al. (1998, apud Rezende, Fernandes e Silva, 2007, p.05), no modelo de análise fatorial, cada uma das variáveis pode ser definida como uma combinação linear dos fatores comuns que irão explicar a parcela da variância de cada variável, mais um desvio que resume a parcela da variância total não explicada por estes fatores. A parcela explicada pelos fatores comuns recebe o nome de comunalidade e podem variar de 0 a 1, sendo que valores próximos de 0 indicam que os fatores comuns não explicam a variância e valores próximos de 1 indicam que todas as variâncias são explicadas pelos fatores comuns.

Quadro 3. Cargas fatoriais e comunalidade das variáveis junto aos fatores e suas comunalidades, pós método Varimax.

Variáveis	Fator1	Fator2	Fator 3	Comunalidade
x1	0.3252	<b>-0.6150</b>	-0.0541	0.5131
x2	<b>0.9878</b>	0.1334	-0.0133	0.0062
x3	<b>0.9896</b>	0.1260	-0.0279	0.0040
x4	<b>0.9796</b>	0.1139	-0.0262	0.0267
x5	-0.3290	<b>0.8156</b>	0.0621	0.2227
x6	0.3025	-0.3008	<b>0.5593</b>	0.5052
x7	0.4127	<b>-0.7111</b>	0.2722	0.2500
x8	<b>0.9926</b>	0.1118	-0.0240	0.0016
x9	0.5727	<b>-0.6180</b>	0.3098	0.1941
x10	0.0628	<b>0.5718</b>	0.4992	0.4198
x11	0.1974	<b>-0.8862</b>	-0.1822	0.1425
x12	0.2598	<b>-0.6046</b>	0.4433	0.3705
x13	-0.1890	<b>0.8867</b>	0.2253	0.1273
x14	<b>0.9926</b>	0.1142	-0.0198	0.0013
x15	<b>0.9926</b>	0.1044	-0.0214	0.0033
x16	<b>0.9915</b>	0.1209	-0.0215	0.0018
x17	<b>0.9928</b>	0.1112	-0.0255	0.0014
x18	-0.2224	<b>0.9044</b>	0.1574	0.1079
x19	<b>0.9632</b>	0.0878	0.0029	0.0645
x20	<b>0.9929</b>	0.1085	-0.0244	0.0018
x21	<b>0.9917</b>	0.1077	-0.0267	0.0043
x22	<b>0.9906</b>	0.1099	-0.0344	0.0055
x23	<b>0.9931</b>	0.1078	-0.0248	0.0016
x24	<b>0.9049</b>	0.1011	-0.1288	0.1543
x25	<b>0.9929</b>	0.1087	-0.0251	0.0017
x26	<b>0.9877</b>	0.1167	-0.0061	0.0108
x27	<b>0.9835</b>	0.1173	-0.0223	0.0185

Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.

O quadro 3 apresenta as cargas fatoriais que representam a contribuição de cada variável para a formação do fator. Procedeu-se à rotação *Varimax* dos para facilitar a visualização das cargas fatoriais representativas em cada fator. Segundo Anderson et al. (2009), esta simplificação significa tornar o máximo de valores de linhas e colunas o mais próximo de zero possível.

Considerou-se de significância prática as cargas fatoriais superiores a 0,50, sendo possível destacar as variáveis significativas em cada fator. De acordo com Mingoti (2005, p. 100), “as variáveis com maiores coeficientes são mais correlacionadas com o fator”.

Quadro 4. Variáveis pertencentes a cada fator, suas variâncias explicadas e acumuladas.

Fator	Variáveis	Autovalor	Variância explicada	Variância acumulada
Fator 1	População economicamente ativa; veículos; população total; Ensino fundamental; Ensino médio; Ensino superior; telefone; total de domicílios; residências de alvenaria; área urbana; iluminação pública; pavimentação; calçada; arborização; esgoto à céu aberto; % população domicílios com tratamento de água e esgoto; notificações de dengue.	17,45	64,63%	64,63%
Fator 2	Anos de estudo; % população domicílios com energia elétrica; Gini; população urbana; % população domicílios com água canalizada; RDPC; taxa de analfabetismo; trabalho infantil; Índice FIRJAN.	5,31	19,70%	84,33%
Fator 3	IDEB.	1,06	3,96%	88,29%

Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.

Observa-se, a partir da análise do Quadro 4, que o Fator 1, composto por 17 variáveis, engloba as variáveis relacionadas à população estudante, economicamente ativa e características de infraestrutura e urbanidade dos municípios, que necessariamente englobam saúde pública, variáveis de acesso à informação e meios de transporte. Tal conjunto de indivíduos explica 64,63% da variabilidade dos dados – sendo a mais significativa da amostra.

O Fator 2 apresenta índices de qualidade social e responsabilidade financeira, além do acesso à infraestrutura urbana básica. Esse agrupamento de fatores explica importante parcela do modelo, 19,70%.

O Fator 3 agrupa a variável IDEB, explicando 3,96% da variabilidade dos dados, que resulta em variância acumulada acima de 88%.

- Fator 1: Eficiência urbana;
- Fator 2: Eficiência social;
- Fator 3: Eficiência ao serviço de educação;

Após a escolha da quantidade de fatores e sua nomeação, seguiu-se para o cálculo dos escores de cada município, que serão utilizados para construir seu ranqueamento, conforme sua eficiência para proporcionar um ambiente urbano social e economicamente eficazes<sup>17</sup>.

Tendo a finalidade de categorizar o seu grau de eficiência, foi adotado o mesmo critério utilizado por Melo (2007). Considerou-se municípios com alto grau de desenvolvimento (A), aqueles que apresentaram resultados acima da média mais um desvio-padrão ( $M + S$ ); com médio desenvolvimento (M), os municípios que obtiveram resultado entre a média e a média mais um desvio-padrão; e com baixo desenvolvimento (B), os municípios que apresentaram valores abaixo, conforme quadro 5.

<sup>17</sup> O cálculo do Índice Bruto (IB) segue metodologia utilizada por Melo (2007). Em síntese, calcula-se o IB por meio da média ponderada dos escores fatoriais para cada observação, sendo a ponderação realizada a partir da Raiz Característica de cada fator. Em seguida, os valores brutos são transformados a partir do método min-max, em que o maior valor adquire o valor cem e o menor zero.

Quadro 5. Graus de eficiência urbana atribuídos aos municípios a partir do Indicador de Eficiência Urbana (IEURB).

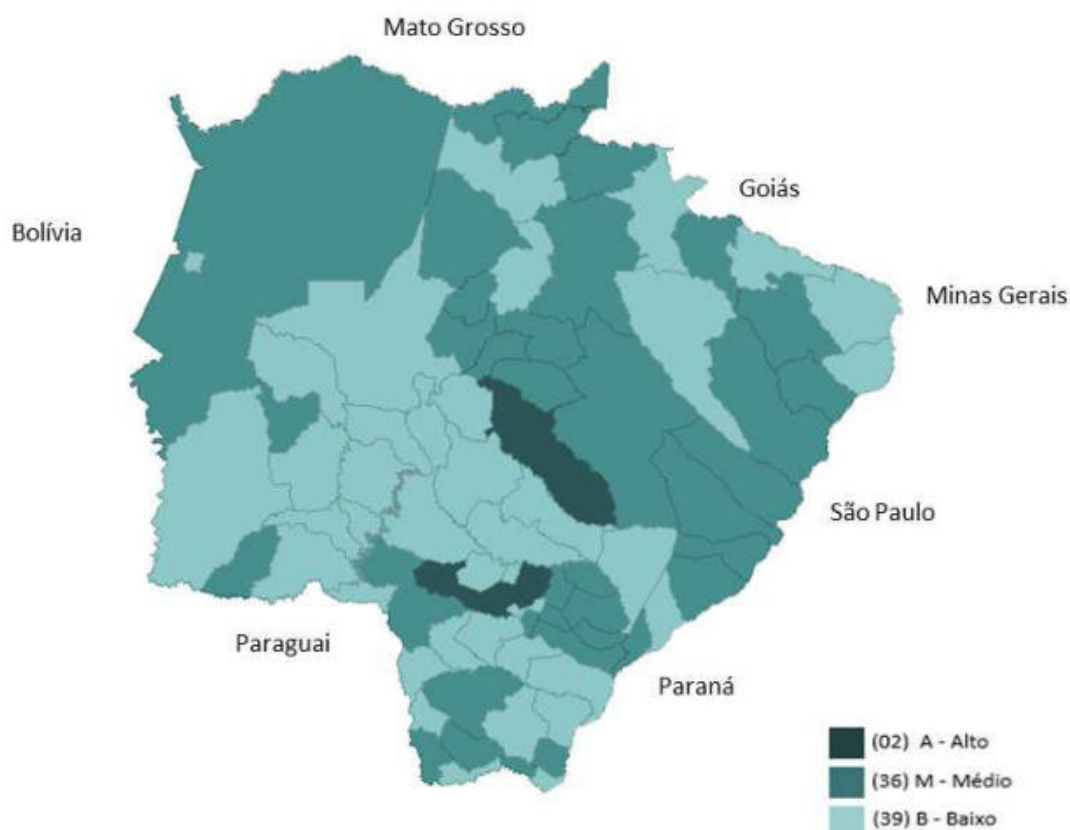
Grau de eficiência	Sigla	Relação IEURB com desvio padrão e média
Alto	A	$IEURB \geq (M+S)$
Médio	M	$M \leq IEURB < (M + S)$
Baixo	B	$IEURB < M$

Referência: Melo (2007). Adaptado pelos autores, 2018.

Os resultados apontam que apenas dois municípios – Campo Grande e Dourados – apresentam altas condições econômicas e sociais favoráveis para proporcionar um ambiente urbano adequado a seus municípios, enquanto 36 apresentam capacidade média e 39 baixa.

A figura 1 permite inferir que os municípios fronteiriços à capital do Estado e às grandes cidades não se beneficiam em sua totalidade – no contexto urbano – pela concentração de renda e riquezas geradas por seu crescimento polarizado, contextualizando com a Teoria dos Polos de Crescimento de Perroux, onde Souza (2005) afirma que as regiões crescem em ritmos distintos uma das outras, de acordo com a qualidade de sua estrutura produtiva.

Figura 1. Distribuição espacial conforme os graus de eficiência urbana atribuídos aos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul, a partir do Indicador de Eficiência Urbana (IEURB).



Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.



O resultado<sup>18</sup> do estudo corrobora com os teóricos apresentados, já que não se pode afirmar que quanto maior a renda per capita, maior a qualidade de vida urbana, conforme quadro 7. Há uma série de outras variáveis intrínsecas ao modelo que comprova a importância de fatores relacionados à educação e infraestrutura urbana para construção de um ambiente urbano saudável. Analisando as 10 primeiras posições do ranking do indicador criado, com exceção de Campo Grande e Dourados, observa-se que não há a prevalência de grandes centros econômicos e populacionais no topo da listagem. Pelo contrário, destacam-se pequenas cidades interioranas de baixa população. Fatores explanados no modelo (infraestrutura, recursos sociais e urbanos, educação) as mantêm bem posicionadas, os seja, os graus de eficiência alto, médio e baixo retratam as cidades conforme o nível de evolução do conjunto morfológico urbano desfrutado pela população.

Quadro 7. Compilação de dados brutos dos 10 primeiros municípios classificados no indicador elaborado.

Município	Pop Total	IDEB	RDPC	Área Urbana	% Água Esgoto	Classif.	IEURB
Campo Grande	786797	5,6	1089,37	154454	1,22	A	1º
Dourados	196035	4,7	866,4	84125	3,09	A	2º
Japorã	7731	5,3	241,32	0,37	46,88	M	3º
Corumbá	103703	5,1	627,1	21577	10,46	M	4º
Paranhos	12350	5,3	271,52	1725	27,95	M	5º
Três Lagoas	101791	4,5	863,66	18487	0,77	M	6º
Caracol	5398	4,5	399,46	0,37	1,94	M	7º
Novo Horizonte do Sul	4940	4,6	472,75	0,37	0,9	M	8º
Ponta Porã	77872	4,6	653,36	13715	5,93	M	9º
Taquarussu	3518	4,8	478,38	0,37	1,75	M	10º

Fonte: Resultado de pesquisa. Autores, 2018.

Toma-se alguns exemplos: o município de Três Lagoas apresenta população e renda per capita elevada, superiores aos das cidades de Japorã e Paranhos. Porém, estes pequenos municípios apresentam índices educacionais e porcentagem de domicílios atendidos por tratamento de água e esgoto superiores, inferindo-se usufruto ao cotidiano urbano de maior qualidade.

As maiores economias do estado – exceto Campo Grande e Dourados – não conseguem garantir um ambiente urbano capaz de proporcionar infraestrutura urbana, educação e elementos sociais de qualidade a seus moradores. O modelo deixa explícito a importância das variáveis educação e infraestrutura urbana para o indicador. Cidades de pequeno porte, que possuem densidade urbana condizente com sua população urbana, bons desempenhos em educação e indicadores sociais destacaram-se entre os 10 primeiros classificados no IEURB do Estado de Mato Grosso do Sul.

## CONCLUSÃO

A análise fatorial permite concluir que, pelo KMO apresentado, o conjunto de variáveis selecionadas adequam-se ao modelo. As cargas fatoriais inferem que as variáveis referentes à educação, renda, infraestrutura e densidade urbana social estão altamente correlacionadas, ou seja, confirma-se a hipótese – galgado pela base teórica – de que é de

<sup>18</sup> Os escores fatoriais e os cálculos dos indicadores de eficiência, bem como o ranking de todos os municípios do Estado de Mato Grosso do Sul, não são aqui apresentados por restrição de espaço e poderão ser solicitados aos autores.

grande importância que o poder público municipal utilize as diretrizes públicas no intuito de manter uma densidade urbana adequada à sua população, mantendo investimentos em educação e infraestrutura urbana.

O Indicador de Eficiência Econômica Urbana (IEURB) possibilitou ranquear os municípios sul-mato-grossenses, conforme a capacidade das esferas municipais em assegurar o acesso de todos os cidadãos a centros urbanos de qualidade, conforme estabelecido pelo Estatuto das Cidades. As análises apontam que 39, dos 77 municípios analisados apresentaram baixo grau de eficiência econômica urbana.

Estudos posteriores são necessários para verificar, por exemplo, através de uma análise de *cluster*, como os municípios do Estado de Mato Grosso do Sul comportam-se diante os resultados do indicador criado, averiguando se algum conjunto de cidades apresentam características similares, direcionando-os a investimentos e políticas públicas em planejamento urbano específicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R.; TATHAM, R.; BLACK, W.; HAIR, J.; BABIN, J. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman. Edição nº6, 2009.
- BRASIL. Constituição (1988). *Constituição: República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- \_\_\_\_\_. *Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 de nov. de 2001.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2010. *Características da população e dos domicílios: resultados do universo*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas\\_da\\_populacao/esulta\\_dos\\_do\\_universo.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/esulta_dos_do_universo.pdf)>. Acesso em: out. 2017.
- COSTA, F. A. *Arranjos e Sistemas Produtivos e Inovativos Locais – As Possibilidades do Conceito na Constituição de um Sistema de Planejamento para a Amazônia*. Revista Brasileira de Inovação, Campinas, v. 5, n. 1, p. 77-98, ago. 2009.
- FERREIRA, Jr. S.; BAPTISTA, A.J.M.S.; LIMA, J.E. *A modernização agropecuária nas microrregiões do estado de Minas Gerais*. Revista de Economia e Sociologia Rural, Brasília, v. 42, n. 1, jan./mar. 2004.
- HADDAD, P. R. (Org.). *Economia regional: teorias e métodos de análise*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1989.
- HAIR JR., J. F.; BABIN, B.; MONEY, A.H.; SAMOUEL, P. *Fundamentos de métodos de pesquisa em administração*. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- JACOBS, J. *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- LANDAU, S.; EVERITT, B. S. *A handbook of statistical analyses using SPSS*. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2004.
- LEMOS, J. J. S. *Indicadores de degradação no Nordeste Sub-úmido e Semiárido*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34, 2001, Brasília. Anais... Brasília: SOBER, 2001. p. 1-10.
- MARICATO, E. *Moradia social: condição para cidades melhores*. Revista Construção, São Paulo, p. 54-56, 01 mar. 2004.
- MELO, C. *Índice relativo de desenvolvimento econômico e social dos municípios da região sudoeste paranaense*. Revista Análise Econômica, Porto Alegre, ano 25, nº 47, p.149-164, set. 2007.

- MELO, C.O.; PARRÉ, J.L. Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Rio de Janeiro, v.45, n. 2, p. 329-365, abr./jun. 2007.
- MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.
- MORAIS, G. A. S.; SOBREIRA, D. B.; LIMA, J. E. Padrão e determinantes da estrutura urbana das microrregiões brasileiras. In: 54º Congresso da SOBER: Desenvolvimento, território e biodiversidade. Anais... Maceió: UFAL, 2016.
- NOBRE, E. A. C. Desenvolvimento urbano e sustentabilidade: uma reflexão sobre a grande São Paulo no começo do século XXI. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO NUTAU, 2004, São Paulo. Anais... São Paulo: NUTAU/ FAU, 2004.
- OLIVEIRA, R. *Comentários ao estatuto da cidade*. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2002.
- PINHEIRO, O. M. *Plano Diretor e Gestão Urbana*. Brasília: UAB, 2010.
- REZENDE, M. L.; FERNANDES, L. P. S.; SILVA, A. M. R. Utilização da análise fatorial para determinar o potencial de crescimento econômico em uma região do sudeste do Brasil. *Revista Economia e Desenvolvimento*, Cascavel, v.1, n.19, p.92-109, 2007.
- RODRIGUES, F. *Desenho urbano, cabeça, campo e prancheta*. São Paulo: Projeto Editores, 1986.
- SANTOS, M. *A urbanização brasileira*. São Paulo: Edusp, 2013.
- SEN, A. *Desenvolvimento como liberdade*. São Paulo: Companhia de letras, 2010.
- SILVA, A. C. R. *Metodologia da pesquisa aplicada a contabilidade*. Salvador: UFBA, 2017.
- SOUZA, N. de J. de. *Desenvolvimento Econômico*. 5ªed. São Paulo: Atlas, 2005.

## GESTIÓN URBANA DEL AGUA EN EFLUENTES CLOACALES TRATADOS

Miriam Cecilia López ([mclopez@frm.utn.edu.ar](mailto:mclopez@frm.utn.edu.ar)); José Alberto Flores ([jflores@mendoza.gov.ar](mailto:jflores@mendoza.gov.ar)); Edgardo Ghellinaza ([eghellinaza@yahoo.com.ar](mailto:eghellinaza@yahoo.com.ar)); Gastón Paéz Villavisencio ([gastonpaez7@gmail.com](mailto:gastonpaez7@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza (UTN-FRM) - Arg.

**Palabras clave:** riego, ACRE, tratamiento biológico, radiación solar

*Fomentar la reutilización e incentivar el uso de recursos hídricos alternativos no convencionales, es muy importante en una planificación y gestión integrada del ciclo del agua, como sustitución del agua potable en aquellos usos privados y municipales que así lo permitan, y para riego agrícola.*

*En la provincia de Mendoza, el Departamento General de Irrigación (DGI) es el organismo que administra el recurso agua, mientras que Agua y Saneamiento Mendoza (AySAM) es el mayor operador del servicio de agua y cloacas de la provincia. Ambos organismos públicos integran el convenio general de ACRE que establece que el operador AySAM entrega los efluentes tratados al DGI y este lo administra distribuyéndolo a los regantes en los diferentes ACRE de la provincia, siendo responsables de la gestión del riego y la aplicación de buenas prácticas sanitarias.*

*Esta investigación se llevó a cabo en el ACRE del establecimiento depurador Campo Espejo. Este establecimiento trata efluentes cloacales de parte del área geográfica Gran Mendoza. El caudal tratado de 1,6 m<sup>3</sup>/s corresponde a una población urbana de aproximadamente 400.000 habitantes. El ACRE Campo Espejo irrigado con estos líquidos depurados es de 3.500 Ha en verano y 5.000 Ha en invierno. Al día de la fecha lo que establece el reglamento no se aplica en su totalidad. Esto resulta muy peligroso para los regantes del ACRE y para los consumidores de los cultivos regados con los efluentes tratados.*

*En este trabajo se presentan los resultados del estudio sobre la influencia de parámetros de diseño, como temperatura del líquido y radiación solar, en plantas de tratamiento biológico para residuos cloacales sobre los principales indicadores físicos, químicos y biológicos del efluente usado para riego.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El reuso de aguas residuales previo a un tratamiento para el riego de las áreas verdes urbanas y rurales, tiene como fin ahorrar el agua que actualmente se utiliza para riego y proteger las fuentes naturales, fundamentalmente en zonas áridas. Para este fin, es necesario que las aguas residuales tratadas, adecuen su calidad a los requisitos necesarios para la disposición final o reuso de las mismas, asegurando la sostenibilidad del tratamiento y un uso responsable de los usuarios. Con el paso del tiempo el reuso de agua residual tratada es un recurso valioso y su demanda irá creciendo en la medida de que aumente la necesidad y decrezca la disponibilidad de aguas claras.

El tratamiento mediante lagunas de estabilización es un tratamiento biológico natural muy difundido en América Latina por su bajo costo y su posibilidad de ser aprovechado mediante el reuso agrícola. Este proceso es muy eficiente en la remoción de carga orgánica y fundamentalmente agentes patógenos, especialmente los resistentes a tratamientos convencionales.

El funcionamiento de una laguna facultativa depende de diversos parámetros y factores como el clima, la temperatura del líquido, la estacionalidad, etc. El diseño de estas unidades puede abordarse mediante métodos empíricos, como aquellos basados en criterios de tasas de carga orgánica, obtenidos de múltiples correlaciones extraídas de sistemas existentes que presentan gran variabilidad. Otra posibilidad es diseñarlas siguiendo una metodología racional, en cuyo caso la herramienta de diseño más ampliamente aceptada ha sido la aplicación del modelo de flujo disperso. Considerable confusión existe en la conceptualización teórica del coeficiente de mortalidad bacteriano. Los coeficientes de mortalidad inicialmente reportados se basaron en conteos en afluente y efluente y el cálculo del coeficiente de mortalidad forzando el ajuste al submodelo hidráulico de mezcla completa.

En la práctica de la Ingeniería Ambiental, las lagunas de estabilización constituyen reactores donde ocurren procesos físicos, químicos y biológicos, constituyendo un sistema heterogéneo donde ocurre una cinética de primer orden y donde la constante de reacción depende invariablemente de la temperatura del líquido, de acuerdo a la ley de Arrhenius modificada, de la naturaleza de las sustancias reaccionantes y de las condiciones climáticas y atmosféricas. Tanto la mencionada temperatura del líquido como la constante cinética de remoción bacteriana dependen directamente de la radiación solar que recibe la laguna de estabilización.

Debido a la falta de investigación sobre indicadores de contaminación en aguas residuales en estas latitudes, la práctica tradicional para diseño de lagunas ha sido utilizar la de países industrializados, basadas en la reducción de compuestos orgánicos (DBO5, DQO, nutrientes), con poca o ninguna atención a los aspectos de salud pública. Esta práctica convencional ha resultado con mucha frecuencia, en sistemas con celdas únicas. Una revisión de las prácticas modernas de diseño de lagunas exige nuevas concepciones basándose en criterios múltiples, como la reducción de compuestos orgánicos, sólidos en suspensión, parásitos e indicadores de contaminación fecal. Al poner en práctica esta nueva tendencia, los diseños resultarán en instalaciones con unidades múltiples y de alta eficiencia. Todos los parámetros de diseño de lagunas tienen una dependencia directa con la temperatura del líquido de la laguna.

La importancia del presente proyecto de investigación radica, además de lo indicado precedentemente, en que en pocos países del mundo se ha cuantificado la real influencia de los valores de la radiación solar zonal en la determinación de dicha constante cinética y de la temperatura del líquido, centralizándose la gran mayoría de las investigaciones realizadas y los procedimientos de cálculo de las lagunas en la sola incidencia de la temperatura sobre la remoción bacteriana, situación que no es del todo real. Al respecto, prestigiosos investigadores de la talla de Polprasert, Sarikaya, Mayo, Saatci, entre otros, consideran la importancia de la medición de la intensidad de la radiación solar en el cálculo del abatimiento bacteriano en lagunas de estabilización.

El objetivo general del proyecto de investigación al cual pertenece este trabajo, es la determinación de un modelo de correlación y predicción de temperatura del agua, en función de la temperatura del aire y de la radiación solar, para los factores de diseño que correspondan a la región.

## **2. METODOLOGÍA**

El proyecto de investigación se desarrolla en el Establecimiento Depurador Campo Espejo, ubicado en el departamento de Las Heras, y recibe los efluentes cloacales de un sector del Gran Mendoza. El área geográfica que abarca el Gran Mendoza tiene una población



superior a 1.000.000 de habitantes y este establecimiento recibe los efluentes de más de 500.000 habitantes con caudales medios de 1,5 m<sup>3</sup>/s.

Está conformado por un sistema de lagunas de estabilización de tipo facultativas (Figura N° 1). El establecimiento se ubica a una cota media de 694 m.s.n.m., con las siguientes coordenadas geográficas de la laguna donde se encuentran instalados los sensores de temperatura del líquido: latitud 32° 47' 14,5" S y longitud 68° 47' 51,8" O. Los sensores de temperatura se han instalado en la laguna secundaria de la serie N° 4.



Figura 1. Ubicación Establecimiento Campo Espejo

La temperatura del agua se determinó a través de tres sensores de temperatura modelo TMC20-HD junto con un data-logger para captura de datos, todos ellos montados y conectados en su estructura y gabinete. Los sensores de temperatura miden este parámetro en tres profundidades distintas: 0,74 m, 1,20 m y 2,34 m. Los datos obtenidos corresponden al período 2013-2015. Mientras que las mediciones de radiación solar son tomadas por un pirómetro, ubicado en el Parque General San Martín, perteneciente al grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales (GEAA).

### 2.1. Estratificación de la temperatura

Puesto que la densidad del agua cambia con la temperatura, es mínima a 4° C y aumenta para temperaturas menores o mayores, el agua más cálida es más ligera y tiende a “flotar” sobre las capas más frías. Como durante los meses de primavera y verano el calentamiento tiene lugar desde la superficie, las capas superiores están más calientes que las inferiores, son menos densas y flotan sobre ellas sin que se produzca la mezcla entre unas y otras. Este fenómeno es lo que se conoce como estratificación.

Si las lagunas son suficientemente profundas la estratificación aparece a medida que progresa la primavera, y se mantiene hasta mediados de otoño. En lagunas poco profundas, la acción del viento es suficiente para romper esta distribución por densidades y dar lugar a la homogeneización de toda la columna de agua.

En la siguiente figura (Figura 2) se muestra una gráfica del perfil de temperaturas en la laguna para el día 01/02/2014. La zona próxima a la superficie, más cálida y con una temperatura casi uniforme, es el epilimnio. La zona central, en la que la temperatura desciende bruscamente al aumentar la profundidad, es la termoclina. Por último, la zona del fondo, que presenta una temperatura más baja, es el hipolimnio.

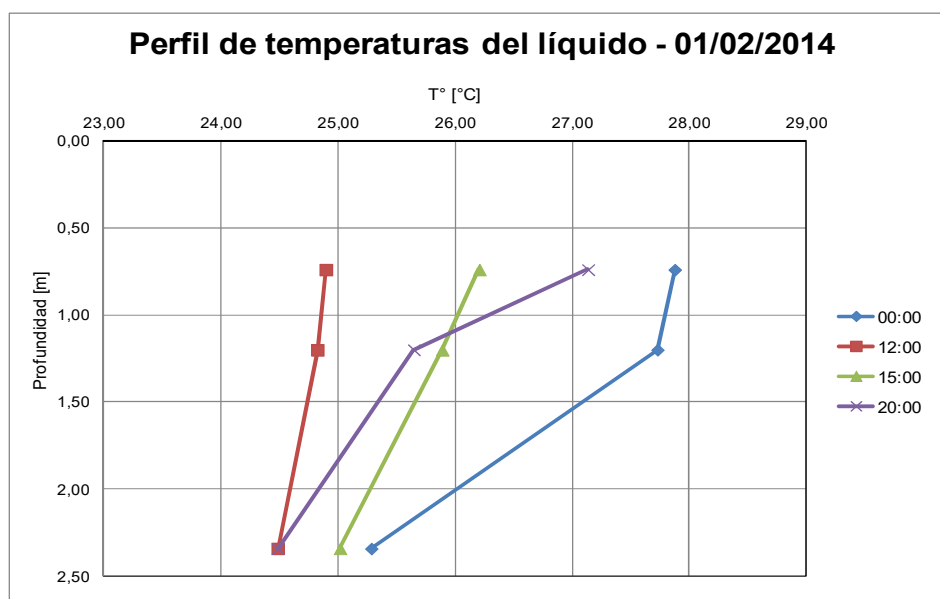


Figura 2. Estratificación de las temperaturas del líquido efluente.

El efecto principal de la estratificación térmica en lagunas facultativas es la segregación a efectos de flujo de la capa fría inferior. Como la alimentación a la laguna facultativa viene directamente del sistema cloacal, su temperatura es normalmente alta, similar a la que existe en el epilimnio. Puesto que su densidad es también similar a la del agua en el epilimnio, se mezcla únicamente con ésta, es decir, se distribuye en una capa fina próxima a la superficie, y ocupa sólo una fracción del volumen de la laguna.

En estas condiciones, el tiempo de residencia es inferior al de diseño, por lo que no hay tiempo suficiente para la mineralización de la materia orgánica ni para alcanzar las tasas mínimas de mortandad bacteriana; además el efluente presenta concentraciones anormalmente altas de DBO5 y DQO. Cuando esto ocurre hay que tomar medidas especiales. Fundamentalmente, las medidas a tomar consisten en disminuir la altura de agua de trabajo o intentar romper la estratificación mediante alteraciones de la posición de entradas y salidas de agua.

Con los datos de temperatura del agua y de radiación solar, comprendidos entre 2014 y 2015) se trazaron las curvas correspondientes de correlación, donde se aplicaron modelos de regresión no lineal. Los modelos paramétricos tales como la regresión lineal y no lineal son métodos comúnmente utilizados para escalas de tiempo más cortas (por ejemplo, diarias, semanales).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A modo de ejemplo se muestran las correlaciones de temperaturas del líquido y de la radiación solar con mediciones tomadas a intervalos de 30 minutos y una hora para el día 25 de abril de 2015. Para la temperatura del agua se utilizaron mediciones tomadas a las profundidades de 0,74 m, 1,20 m y 2,34 m, correspondiente a las temperaturas indicadas como T1, T2 y T3.

En el siguiente gráfico se muestra la correlación para los valores comprendidos en un período de tiempo que va desde las 8.00 am a las 6.30 pm del día 25 de abril. No se han considerado las mediciones tomadas para el resto del día porque los valores de radiación son cero. (Figuras 3 y 4).

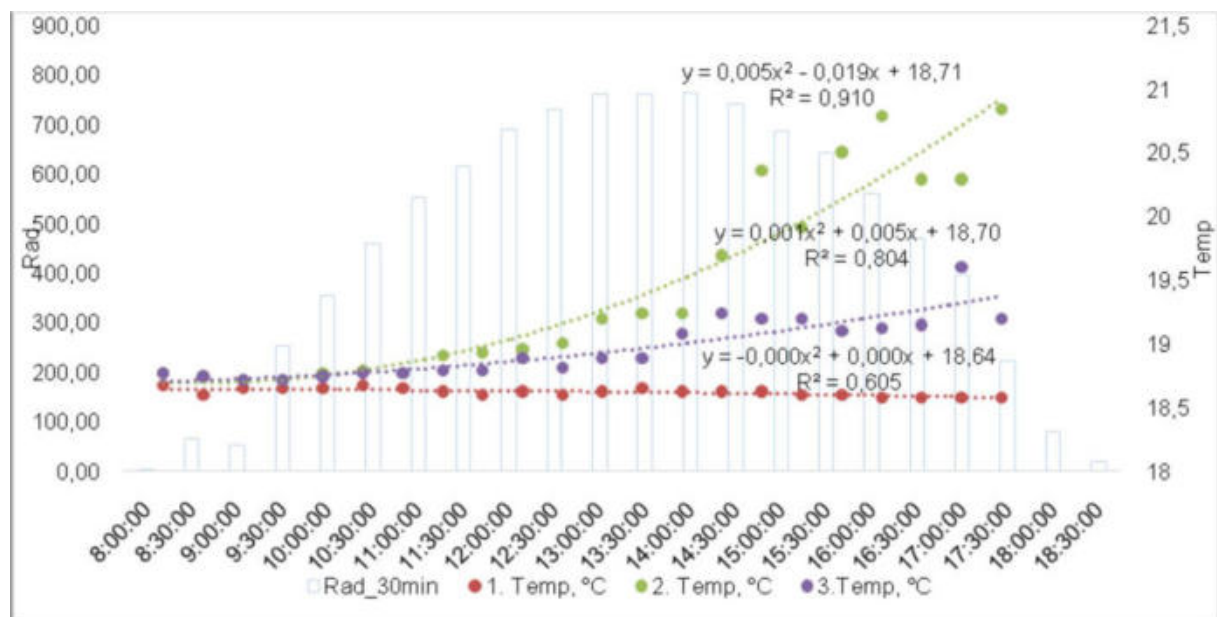


Figura 3. Curvas de la radiación solar, de temperatura (T1, T2 y T3) de mediciones tomadas cada 30 min y de correlación entre ellas.

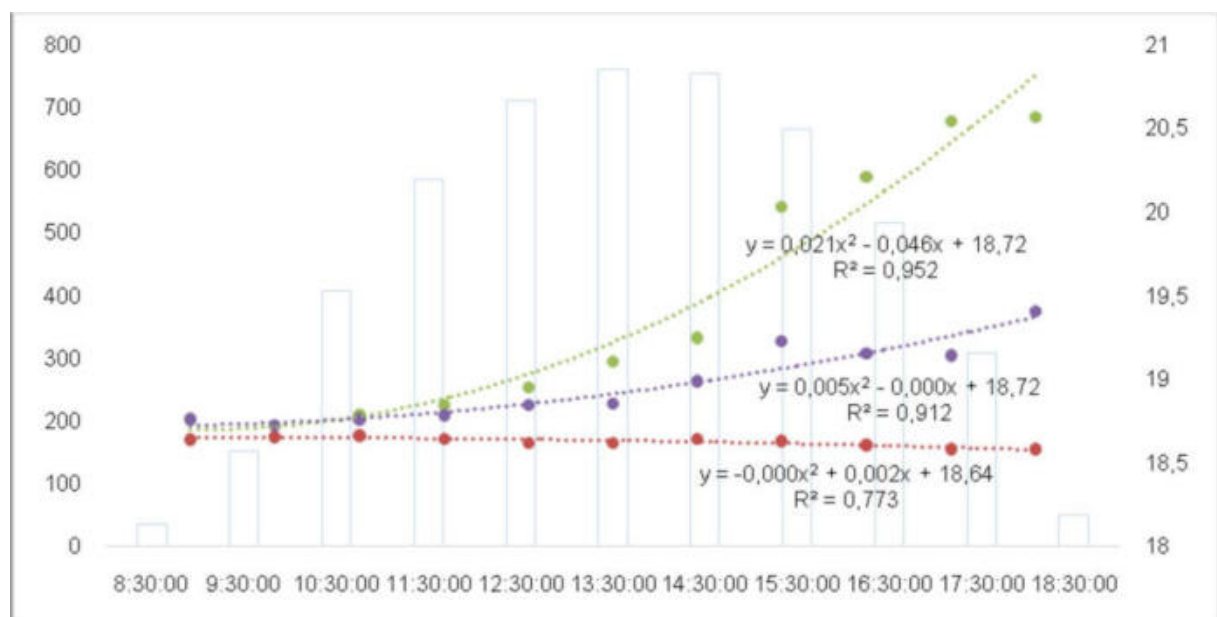


Figura 4. Curvas de la radiación solar, de temperatura (T1, T2 y T3) de mediciones tomadas cada 1 hora y de correlación entre ellas.

Del análisis del gráfico se observa una variable y más baja correlación de valores tomados de temperatura cada 30 minutos que las de una hora. Esto indicaría que considerar intervalos mayores son más representativos para la medición, y por lo tanto, no se procesarán los valores menores a una hora en las dichas correlaciones.

La curva que más se aproxima a la correlación entre temperatura y radiación solar es de tipo polinómica. Para el sensor T1 disminuye la correlación, ya que se trata de una profundidad donde las temperaturas son casi constantes a lo largo del día y no tiene gran incidencia la radiación.

También se realizaron curvas de la radiación solar, y de temperaturas del líquido para los sensores T1, T2 y T3, de mediciones promedio diarias tomadas en el período enero-julio 2014 y enero-agosto 2015. Figuras 5 y 6.

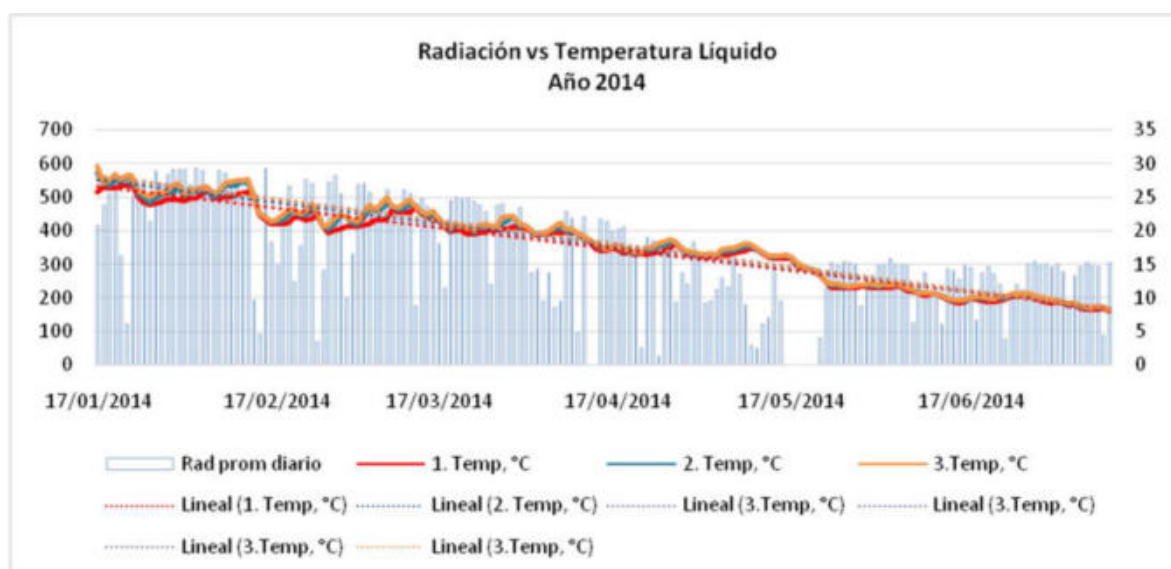


Figura 5. Curvas de temperaturas del líquido y radiación solar. Año 2014

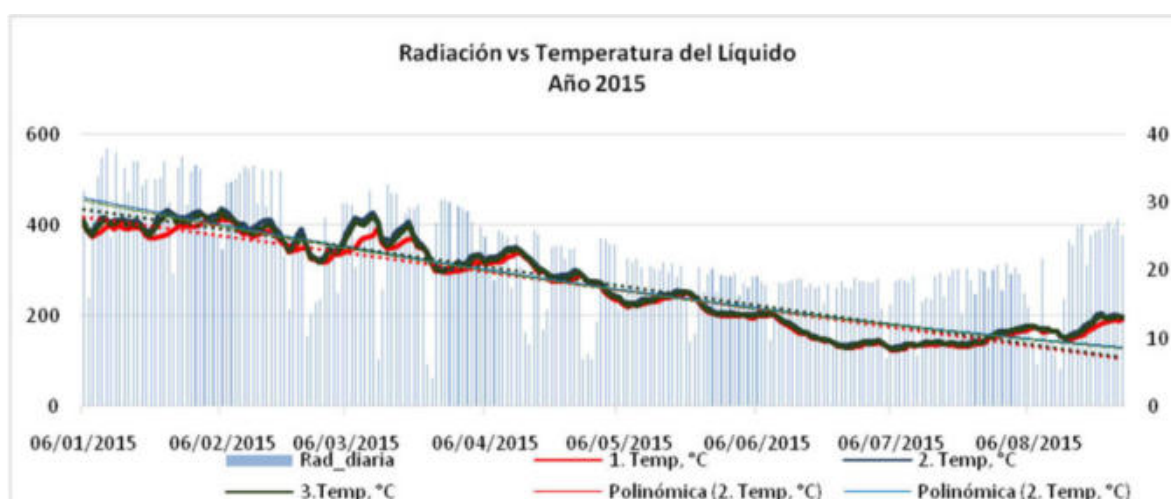


Figura 6. Curvas de temperaturas del líquido y radiación solar. Año 2015

En próximos análisis, la información que se tomará será las temperaturas medias diarias para períodos semanales, mensuales y estacionales, en primera instancia. Luego se procesarán temperaturas medias mensuales para las correlaciones estacionales y anuales, de modo tal de conocer el comportamiento del líquido en las lagunas durante todo un año.

#### 4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se constató que la metodología de recolección de datos y su procesamiento es la adecuada, por lo que se mantendrá durante todo el desarrollo del proyecto. Además, la utilización de métodos estadísticos en esta primera etapa, presentó la ventaja de requerir menos datos y un tiempo de desarrollo generalmente más corto que los modelos determinísticos.

Como la alimentación a la laguna facultativa viene directamente del sistema cloacal, su temperatura es normalmente alta, similar a la que existe en el epilimnio y con densidad es similar a la del agua, el tiempo de residencia es inferior al de diseño, por lo que no hay tiempo suficiente para la mineralización de la materia orgánica ni para alcanzar las tasas mínimas de mortandad bacteriana; además el efluente presenta concentraciones anormalmente altas de DBO5 y DQO.

Los efectos de la estratificación térmica en las lagunas de estabilización y su estacionalidad permiten establecer los períodos más críticos en los procesos de depuración biológica natural y su incidencia en el efluente tratado.

Si analizamos la correlación de las temperaturas del líquido versus la radiación solar encontramos que son relativamente bajas entre si, esto representa que no se puede hablar de una correlación directa entre radiación y temperaturas sin considerar otras variables atmosféricas como el viento o densidad del líquido, sustancias en suspensión, entre otras.

En futuros estudios es conveniente incorporar, además de los ya indicados, otros factores que inciden en el diseño de lagunas de estabilización, como puede ser la topografía del terreno, la calidad y tipo de efluente o el sistema de operación, entre otras variables.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libro completo:

- Benyahya L., Caissie D., St-Hilaire A., Taha B.M.J. Ourada and Bobée B. (2007). *A review of Statistical Water Temperature Models. Canadian Water Resources Journal, Vol. 32(3), pág. 179-192.*
- Burgers Lizette, (1982). *Temperature behaviour in stabilization ponds under tropical conditions. CEPIS-PAHO.*
- Polprasert, Chongrak, (1996). *Organic Waste Recycling Technology and Management. 2nd Edition. Published by Wiley. U.S.A.*
- V. Kothandaraman y R.L. Evans. *Use of Air-Water Relationships for Predicting Water Temperature. State water survey division, State of Illinois. 1972.*

Capítulo de libro:

- Lubna Benyahya, Daniel Caissie, André St-Hilaire, Taha B.M.J. Ourada and Bernard Bobée. (2007). *A review of Statistical Water Temperature Models. Canadian Water Resources Journal, Vol. 32(3), pág. 179-192.*
- Marta Saracho, Norma Rodríguez, Víctor Luque, Carlos Rodríguez, Adolfo Iriarte. (2005). *Estudio del comportamiento de lagunas de estabilización de efluentes: modelo de regresión temperatura aire-agua. Gloria Plaza. ASADES, Vol. 9.*

Artículo en eventos:

- López, M. Ghellinaza E., Flores J., Finocciaro O. Toum E. (2016). *Estudio de un Modelo de Correlación entre temperatura del Aire y Temperatura del Agua para el diseño de Lagunas de Estabilización Facultativas. Libro de resúmenes VI Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental de Argentina (SETAC). ISBN 978-987-42-2288-6. P207. Pág. 301.*



# IMPERMANÊNCIAS: ENSAIOS DE MICROPLANEJAMENTO E PRÁTICAS URBANAS CRIATIVAS AOS INTERSTÍCIOS URBANOS NOS BAIRROS BOA VISTA I E BOA VISTA II, VILA VELHA - ES.

Jáfia Quaresma Pinto ([jafiaq@gmail.com](mailto:jafiaq@gmail.com)); Alexandre Ricardo Nicolau ([alexandre.nicolau@uvv.br](mailto:alexandre.nicolau@uvv.br)); Giovanilton André Carretta Ferreira ([giovanilton.ferreira@uvv.br](mailto:giovanilton.ferreira@uvv.br))

Universidade Vila Velha (UVV) - Brazil

**Palavras chaves:** microplanejamento, práticas urbanas criativas, interstícios urbanos, intervenções

*As condições de planejamento urbano através dos instrumentos urbanísticos disponíveis tendem a tratar mais precisamente do planejamento das macroescalas, em detrimento às pequenas escalas, o que, por vezes, resulta negativamente no uso e apropriações dos pequenos espaços. Este processo, colabora para desarticulação entre o plano e o desenho urbano, consentindo com a inapropriação dos vazios urbanos, bem como nos interstícios dispostos pelas cidades.*

*O microplanejamento se relaciona com o planejar a pequena escala, e seu debate tem urgência na inclusão e construção do planejamento das cidades, ampliando a conexão direta entre a sociedade, suas comunidades e os espaços do seu uso cotidiano. As práticas urbanas criativas surgem aliadas ao microplanejamento, propondo novas possibilidades de implementação de intervenções com soluções criativas de cunho social, urbano, ambiental e econômico.*

*Neste artigo, propõe-se em conjunto, tais princípios aplicados aos interstícios urbanos públicos dos bairros Boa Vista I e Boa Vista II, localizados no município de Vila Velha - ES, que se originaram, principalmente, de lacunas do processo dos planos habitacionais do governo, propostos em grande escala.*

*Essa conformação histórica dos bairros contribuiu para que os espaços intersticiais positivos surgissem, ademais, se tratando de locais que, na atual conjuntura, revelam escassez de áreas de convívio social, o que corrobora para utilização dos respectivos espaços.*

*Deste modo, as aplicações do microplanejamento e práticas urbanas criativas aos interstícios urbanos se apresentam como estratégias de intervenções que, além de promover a vida social dos espaços subutilizados, criam um conjunto comunitário de ações de: interação, participação, análise e apresentação de soluções produtivas para o bem comum do meio urbano.*

## 1. INTRODUÇÃO

A pesquisa contorna, brevemente, o processo de origem dos instrumentos que norteiam o planejamento urbano no Brasil com o intuito de compreender a desarticulação entre planejamento geral (plano) e o desenho urbano (projeto) e as influências do histórico de formação dos bairros no contexto atual.

Inicialmente, em meio a todos os processos percorridos para se estabelecer, mesmo sem a decretação da lei federal (projeto de lei no 5.788/90) que originou o Estatuto da Cidade (BRASIL, 2002), o Plano Diretor se inseriu e pode ser definido como um conjunto de conceitos e normas que orientam as ações que interferem no espaço urbano, (BRASIL,

2002).

Lamentavelmente, este processo não veio associado a políticas públicas eficientes para comportar a demanda dos novos habitantes, ocasionando um desequilíbrio de cunho social, econômico e ambiental, como: habitações precárias, propagação da pobreza e segregação socioespacial. Impulsionados pela situação, ao decorrer do tempo, se fez presente lutas e reivindicações com o intuito de elaborar novas concepções de desenvolvimento que visassem consolidar a economia, valorizar os potenciais existentes, efetivar a integração social, preservar os recursos naturais e melhorar a qualidade de vida (SILVA e PASSOS, 2006).

Dentro das circunstâncias ditas anteriormente, surge, desse modo, a lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001 denominada Estatuto da Cidade que engloba um grupo de ideais no qual está exposto um projeto público de planejamento e gestão urbana (BRASIL, 2002). Nesse sentido, o Estatuto age como caixa de ferramentas (BRASIL, 2002) para as políticas urbanas locais, à medida que os municípios têm a responsabilidade de adotar as diretrizes e instrumentos deste, com o propósito de introduzir normas que assegurem, de forma plena, o desenvolvimento econômico, social e ambiental, afirmando o direito à cidade de forma equiparada para todos.

Ainda que a política pública na atualidade não seja tão efetiva no que se refere ao planejamento urbano, os desdobramentos desse contexto, plano geral, podem seguir variações de âmbito local e ou regional. Devido a abrangência, a realidade urbana se insere em variadas escalas, por isso se faz necessário incluir como diretriz o conceito de microplanejamento que consiste nos processos relacionados à rotina de vida nas comunidades, como: vizinhança; qualidade dos espaços públicos de uso comum; às relações afetivas que entrelaçam as pessoas, lugares e os aspectos culturais individuais (BRAGANÇA, 2005).

Outro momento relevante no processo da problemática da pesquisa, é a conformação histórica dos bairros Boa Vista I e Boa Vista II. Provenientes de dois, distintos, planos habitacionais implantados na década de 70 (AZEVEDO, 2011), os bairros desenvolveram-se baseados no desenho e planejamento urbano planejados na ocasião. Com isso, influências arquitetônicas e urbanísticas, tais quais: localização e posição das edificações; suas formas; dimensões e espaços resultantes entre si e o traçado urbano, deixaram marcas permanentes nas atuais conjunturas.

Isto posto, é possível reportar que a evolução histórica e o contexto atual foram e são elementos fundamentais de análise para um entendimento maior sobre os espaços intersticiais, visto que, a formação criou gatilhos que estão presentes em determinados momentos dos bairros e viraram objeto de estudo desse trabalho.

## 2. OBJETIVO

Este estudo busca propor a aplicação de conceitos na forma de propostas projetuais que visam despertar a potencialidade dos pequenos espaços, inutilizados ou não apropriados pelos grupos sociais locais, até então, sugerindo ocupações práticas e criativas e de precisa participação da comunidade, fortalecendo as relações entre as pessoas, incluindo apresentação de ideias, diagnóstico e produção vinculados diretamente ao bem comum do meio social, urbano, ambiental e econômico.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo tem como base pesquisas bibliográficas em livros e dissertações de mestrado sobre a temática do planejamento direcionado às pequenas escalas, que são norteadas, sobretudo, pelas seguintes referências: “Microplanejamento Práticas Urbanas Criativas” (ROSA, 2011), “Do Planejamento da Circulação ao Microplanejamento Integrado” (BRAGANÇA, 2005), “Espaço Público nas Cidades Contemporâneas” (SERPA 2007) e “Interstícios e Interfaces Urbanas como Oportunidades Latentes: o caso da Favela de Paraisópolis, São Paulo” (PIZARRO, 2014).

A partir dos referenciais teóricos mencionados é possível compreender a lógica das microescalas no cotidiano das pessoas que estão presentes somente, por vezes, por serem apropriações espontâneas do espaço público (FONTES, 2013). O espaço público, enquanto lugar para todos, não deve ser compreendido como produto de posse, mas sim como objeto de apropriação. Essa apropriação tem como sentido tornar o local pessoal, reconhecendo como próprio e adequado para tal função, segundo Delgado (2008, p.192) *apud* Fontes (2013 p. 132).

Desta forma, o autor Marcos L. Rosa (2011) em seu livro induz pequenas intervenções urbanas por meio do microplanejamento e práticas urbanas criativas, cujo propósito se define em:

“[...] projeto de interesse público que tem como objetivo produzir conhecimento – revelar, documentar e dividir. Pretende-se organizar uma rede, revelar formas de organização espaciais inovadoras e disseminar essa informação aos agentes e às partes envolvidas no pensamento e na construção da cidade” (ROSA, p. 14, 2011).

Baseado nisso, o autor produz uma série de ensaios que oferecem uma possível visão do que se pode denominar de microplanejamento e práticas urbanas criativas. Ações culturais, sociais e econômicas foram realizadas e retratadas por meio de ensaios atuantes na microescala, com base nas atividades e apropriações comunitárias, frisando iniciativas de baixo para cima no arranjo da paisagem urbana.

O microparcelamento, de acordo com Bragança (2005), é também definido a partir de fatores como tempo, lugar e os contextos sociais que estão inseridos. É resultado de uma conexão direta entre plano (proposta) e gestão compreendidos como o conjunto que enfrenta as eventualidades que surgem na implantação dos projetos. A proposta de intervenção, possibilita participação e envolvimento dos agentes sociais no momento em que os posiciona como influenciadores diretos na elaboração dos seus espaços, deixando o caminho livre para que as micronarrativas se revelem cada vez mais.

Keller (1979) *apud* Serpa (2007 p. 153) expõe estudo sobre o conceito de rede do cotidiano, que são as relações interpessoais desenvolvidas com a vizinhança dentro dos bairros. Essa aproximação é instruída principalmente pelas classes sociais, por consequência, nos bairros mais populares, pois as oportunidades são menores, as condições de insegurança e receio são maiores e juntas desencadeiam isolamentos que fortalecem e se tornam essenciais para o surgimento de um relacionamento mais familiar.

As redes podem se dividir em alguns gêneros: redes formais/associativas, que são as de maior alcance visual, como por exemplo, associação de moradores, igrejas, entre outros, sendo que, na maioria das vezes, têm algum porta-voz à frente das iniciativas e das formas de interação. A outra qualificação são as redes informais/submersas representadas por grupos de jovens, idosos, etc. (SERPA, 2007).

Assim sendo, o autor aborda a pertinência do papel do morador enquanto transformador da cultura e identidade do bairro, haja vista que, suas ações em conjunto (redes formais ou informais ou em rede do cotidiano) intercedem diretamente no bairro.

Em sequência, Pizarro (2014) em sua tese define os interstícios urbanos como espaços resultantes de uma arquitetura e, portanto, são nesses vazios que, com as mais diversas características, abrigam potenciais.

“São definidos como o conjunto dos espaços abertos da cidade, isto é, todos os “vazios”, delimitados e conformados por interfaces verticais ou e horizontais, restando sempre, todavia, uma interface livre, de contato com o meio exterior. Podem ser públicos, semi-públicos ou privados. Tipificando e exemplificando, os interstícios são: os espaços convencionalmente classificados como livres (espaços públicos e semi-públicos como parques, praças, largos e térreos livres); os espaços que, apesar de livres em sua essência, não são vistos e apropriados como tal nas cidades brasileiras, por não caracterizarem espaços de convivência urbana (espaços públicos e semi-públicos como ruas, calçadas, galerias, miolos de quadra); e os espaços abertos que não são livres, mas sim privados (jardins de casas e condomínios, quintais, varandas, terraços, coberturas)”. (PIZARRO, p. 45, 2014).

Em vista disso, os interstícios urbanos estão presentes em toda a cidade, tanto na cidade dita formal e quanto na informal. O principal papel a exercer é o de rede fornecedora de infraestrutura, a esses locais, abrigando atividades coletivas para que integrem à população cada vez mais ao meio inserido (PIZARRO, 2014).

#### 4. RESULTADOS

Disponíveis pelos bairros de Boa Vista I e Boa Vista II, Vila Velha – ES, os interstícios urbanos são cenários presentes no cotidiano das comunidades. E, mesmo tendo escassa área designada e estruturada como espaços livres de uso comum, encontram-se inúmeros ambientes competentes para intervenções urbanas, num local que abriga demanda, no entanto, não são devidamente ocupados.

Dentre eles, dois interstícios urbanos públicos foram destacados, com diferentes funções e potencialidades a explorar. Atualmente, tais espaços são apropriados de formas diversas, porém sem um direcionamento de desenho urbano, programas de usos e outras formas que fomentem a ampliação do convívio social entre os grupos sociais. As atuais formas de apropriação foram diagnosticadas e, sofreram processo de reflexão capaz de proporcionar base conceitual para as propostas aqui apresentadas.



Figura 1. Interstício público 1, 2018 produzida pela autora.

O interstício público 1, figura 1, foi denominado de *Espaço de Conhecimento*, se encontra no centro dos bairros, ao lado do campo de futebol, local de maior movimento, além de estar



próximo a uma escola primária e ao centro comunitário de Boa Vista I. A intenção da proposta é incrementar um instrumento que se aproprie do lugar desassistido, transformando-o num local referência de integração, de bem-estar e convívio.

Com bancos que se integram ao espaço (conforme demonstram figuras 2 e 3) de fácil produção, feitos de pallets, semelhantes a um deck de níveis diferentes, contendo caixotes que armazenam livros arrecadados, se encontra a denominada *Bibliodeck*, mobiliário de variadas funções, servindo para a leitura de livros e até arquibancada dos jogos de futebol que ocorrem no campo.



Figura 2. Proposição: espaço de conhecimento, 2018 produzida pela autora.



Figura 3. Proposição: espaço de conhecimento, 2018 produzida pela autora.

Por se localizar próximo a uma instituição de ensino fundamental e por já existir atividades comerciais de apoio à escola, o interstício público 2, figura 4, *Espaço para todos*, tem como finalidade fomentar as atividades comerciais presentes e, integrado às essas atuações, conectar pessoas ao local com espaços de vivência, esporte e lazer.





Figura 4. Interstício público 2, 2018 produzida pela autora.

É imprescindível que os equipamentos utilizados sejam reaproveitáveis e/ou de fácil produção. Deste modo, conforme figuras 5, 6 e 7, são sugeridos bancos feitos de pneus, e mobiliários diferenciados feitos de madeira mais econômica ou reciclada com acabamento em tinta, balizadores que inibem a presença de carros, barraquinhas mais idealizadas, coloridas e mais bem tratadas, podendo até expandir de acordo com os cenários futuros.



Figura 5. Proposição: espaço para todos, 2018 produzida pela autora.



Figura 6. Proposição: espaço para todos, 2018 produzida pela autora.



Figura 7. Proposição: espaço para todos, 2018 produzida pela autora.

O *Espaço para todos* são dois ambientes divididos por uma superfície livre disponível para uma feira de porte pequeno, conduzida pelos moradores, porém não fixa, podendo migrar para outros pontos classificados como potenciais pela comunidade. De um lado, a valorização comercial pode ocorrer, uma vez que o interstício comporta mais infraestrutura, criando uma espécie de praça de alimentação com um espaço disponível para pequenas apresentações ou atividades comunitárias dos bairros. Do outro lado, uma área de lazer, com equipamentos divertidos e coloridos.

## 5. DISCUSSÕES

A partir das propostas, é factível correlacionar os cenários atuais e futuros de ocupações para os espaços planejados. A efetivação das proposições no *Espaço de Conhecimento* é, principalmente, aumentar o convívio, lazer e aprendizado dos moradores e visitantes. Suas soluções oferecem melhores condições no âmbito social pela condução de ocupação do ambiente subutilizado, de mais integração com os estabelecimentos existentes, como: escolas, campo de futebol e o incentivo à participação na produção do local e compartilhamento dos livros e materiais necessários. Fornece possibilidades econômicas por criar estruturas futuras que viabilizam novas atividades comerciais e de influências nas habitações do entorno, além de proporcionar melhores condições ambientais com o

aproveitamento da permeabilidade do solo introduzindo mais vegetações e mobiliários de materiais reutilizados.

No *Espaço para Todos*, o local também é de convívio, lazer e cooperação dos moradores e não moradores. A apropriação do local favorece a inclusão dos estabelecimentos do entorno, como a escola e habitações, pretendendo obter a cooperação das comunidades no planejamento da feira comunitária, dos novos equipamentos implantados e na doação dos brinquedos. Fomenta as atividades comerciais presentes e cria novas oportunidades, gerando melhores condições ambientais com o aumento da permeabilidade do solo, inserção de mais vegetações e reaproveitamento dos materiais aplicados nos mobiliários urbanos sugeridos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A desarticulação entre o plano (planejamento geral) e projeto (desenho urbano), juntamente com a ausência de políticas e interesses setoriais voltados para as microescalas, distanciam as hipóteses de inclusão, com eficiência, dos microespaços dentro do contexto urbano geral das cidades. Apesar do desvinculo presente, são grandes as oportunidades projetuais voltadas ao microplanejamento nos bairros.

A importância de resgatar e reafirmar as relações interpessoais dos moradores e transeuntes. Conectar as pessoas aos bairros por meio de boas lembranças, relações de pertencimento e identificação, ações sensoriais responsáveis por despertar sentimentos de prazer e satisfação por estar ou somente por passar naquele ambiente. Idealizar, contribuir com a ocupação dos espaços, não apenas como usuário, mas também como agente criador, transformador.

Há muito potencial, muitas possibilidades que se tornam limitadas pela falta de interesse e desconhecimento das possíveis alternativas a serem aplicadas aos locais e diante dos desafios, a pesquisa determina como objetivo proposições metodológicas de intervenções urbanas que reinventam, ressignificam e reanimam os interstícios urbanos de Boa Vista I e Boa Vista II, constituídas pelas vertentes sociais, urbanas, ambientais e econômicas.

As premissas apresentadas devem iniciar de uma vontade maior de transformar as atuais conjunturas, que a princípio, somente com a colaboração comunitária é factível fazê-las. Ainda devem permanecer lacunas, os personagens podem se modificar, outras condições podem influenciar e com isso novos desdobramentos se manifestarem, contudo, os fatores não anulam a eficiência e necessidade de (re)construir os microespaços com micropráticas efetivas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azevedo, S., e Andrade, L. (2011) *A trajetória recente da política de habitação popular*. In: *Habitação e poder: da Fundação da Casa Popular ao Banco Nacional Habitação*. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, pp. 69-96. ISBN: 978-85-7982-055-7. Disponível em <<http://books.scielo.org/id/xnfq4>>.
- Bragança, L. S (2005). *Do Planejamento da Circulação ao Microplanejamento Integrado*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, Brasil.
- Brasil. (2002). *Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos*. 2 ed. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações.
- Fontes, A. S. (2013). *Intervenções Temporária, Marcas Permanentes Apropriações, Arte e Festa na Cidade Contemporânea*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra.
- Pizarro, E. P. (2014). *Interstícios e Interfaces Urbanos Como Oportunidades Latentes: o caso da Favela de Paraisópolis, São Paulo*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU – USP). São Paulo, Brasil.

- Rosa, M. L. (2011). *Microplanejamento Práticas Urbanas Criativas*. São Paulo: Cultura.
- Serpa, Â. (2007) *Espaço Público na Cidade Contemporânea*. São Paulo: Contexto.
- Silva, J. R e Passos, L. A. (2006) *O negócio é participar: a importância do plano diretor para o desenvolvimento municipal*. – Brasília DF: CNM, SEBRAE. Disponível em <  
[https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca\\_antiga/O%20neg%C3%B3cio%20%C3%A9%20participar%20-%20a%20import%C3%A2ncia%20do%20plano%20diretor%20para%20o%20desenvolvimento%20municipal.pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/O%20neg%C3%B3cio%20%C3%A9%20participar%20-%20a%20import%C3%A2ncia%20do%20plano%20diretor%20para%20o%20desenvolvimento%20municipal.pdf)>.



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## APORTES A LA GESTIÓN DE UN PROCESO DE URBANIZACIÓN POPULAR

María Macarena Blanco Pepi ([macablancopepi@gmail.com](mailto:macablancopepi@gmail.com)); Jeremías Ispizúa ([jereispizua@gmail.com](mailto:jereispizua@gmail.com)); Antonela Mitidieri ([antomitidieri4@gmail.com](mailto:antomitidieri4@gmail.com)); Fernando Alfonso Cacopardo ([ferjupiter@yahoo.com](mailto:ferjupiter@yahoo.com)); María Inés Cusán ([manes0000@gmail.com](mailto:manes0000@gmail.com))

Universidad Nacional de Mar del Plata; Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (UNMP-FAUD) - Arg.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Arg.

**Palabras clave:** Urbanización popular, Modelo de gestión, Hábitat informal.

*El trabajo se inscribe en el marco teórico-conceptual de la problemática de la pobreza y exclusión, que afecta a gran parte de la población que queda por fuera de los mecanismos "formales" de producción y ocupación de la ciudad. En general, estos grupos atraviesan procesos de urbanización popular llevados adelante por esfuerzos de autogestión de recursos que incluyen prácticas y estrategias colectivas, tanto de acceso a la tierra y la vivienda como a la infraestructura de servicios (Pirez, 2013). El objetivo principal es contribuir a un modelo alternativo de gestión a partir del entendimiento de las dinámicas, estrategias, conflictos y conquistas propias de este tipo de urbanización. Los resultados se producen a partir de una experiencia territorial de desarrollo participativo en diferentes redes de gestión en el Barrio Nuevo Golf, el asentamiento de mayor dimensión de la ciudad de Mar del Plata y su partido de General Pueyrredón. Tanto las tareas de registro, observación y construcción de la base empírica, como el procesamiento, análisis y elaboración de datos, se plantean en un marco inclusivo de articulación de saberes. Se aplicarán categorías teóricas, métodos y técnicas de las Tecnologías de Inclusión Social, en cuanto a la elaboración de mapas, gráficos y sociogramas de alianzas, dinámicas y trayectorias socio-técnicas, a fin de identificar redes vecinales e institucionales. Las principales conclusiones permiten reflexionar sobre modelos de gestión y su impacto territorial; aportar a pensar estrategias de gestión más abiertas, integrales y participativas en un sentido amplio de inclusión para la resolución de problemas. Al mismo tiempo, contribuye a inaugurar prácticas con otras formas de vinculación con el Estado como parte de redes barriales, multisectoriales e interinstitucionales, que también sustentan la urbanización popular.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Esta ponencia sintetiza resultados parciales de un proyecto de investigación y desarrollo (I+D) en tecnologías y estrategias de gestión de procesos territoriales en asentamientos urbanos y periurbanos de Mar del Plata y el Partido de General Pueyrredón. Se presentan avances sobre un asentamiento informal de la zona sur de la ciudad, en el "Barrio Nuevo Golf".

En un sentido amplio, el propósito de este trabajo es contribuir al conocimiento sobre modelos de gestión del hábitat popular y, en forma específica, interesa discutir y aportar teoría sobre estrategias en procesos de urbanización popular en territorios de extrema pobreza.

En términos generales se entiende por urbanización popular a los procesos sociales de un amplio sector de la población que accede a tierra, vivienda y servicios de infraestructura mediante esfuerzos de autogestión y estrategias colectivas. Estas acciones muchas veces están potenciadas por articulaciones con instituciones u organizaciones gubernamentales y



no gubernamentales con organismos ejecutivos, organizaciones de la sociedad civil y/o por las universidades, como es nuestro caso.

Un dato del problema en las grandes ciudades de América Latina es la grave dimensión que alcanza, en aproximadamente, la mitad de la superficie (Abramo, 2012). En Argentina, según las investigaciones de Cravino, la informalidad es la forma principal de crecimiento para el área metropolitana de Buenos Aires; entre 2001 y 2006, el 60% de los nuevos habitantes del conurbano bonaerense se situaba dentro de estas dinámicas informales (Cravino, 2008). Para el caso de una ciudad intermedia como Mar del Plata, estas proporciones, también, adquieren estas aproximaciones dramáticas.

En general, la producción más dominante sobre territorios de pobreza en nuestro campo disciplinar se construye en general sobre fuentes secundarias, si bien importantes y necesarias a fin de tomar conciencia de la trascendencia, aportan datos con aproximaciones más bien lejanas o fragmentadas, en el orden de descripción, de cuantificación como tipos de emergencias de asentamientos (Boldrini, 2017). En otro orden, clásicos como Jaramillo o referentes locales como Pirez aportan argumentaciones teóricas dentro de una lógica económica o de la necesidad (Jaramillo, 2012; Pirez, 2013).

Dentro de nuestro conocimiento, son escasos los trabajos que con una analítica teórico-crítica trabajan fuentes primarias en estos espacios de exclusión. Se pueden citar investigaciones sobre los asentamientos Belgrano y Autódromo de la ciudad de Mar del Plata, que aportan insumos para reflexionar desde una pormenorizada aproximación empírica a la problemática de tierras, características y trayectorias familiares (Núñez, 2011). Así, es necesario multiplicar experiencias sistemáticas con base empírica territorial concreta para renovar su base de saberes y con ello un necesario cuerpo de fundamentos más sólidos para crear instrumentos y prácticas.

El campo de experiencias en nuestra disciplina se reduce aún más si se analiza la vinculación entre la exclusión territorial y los proyectos o programas de I+D que se centran en las formas o modelos de gestión en relación con el problema de los asentamientos informales.

La discusión sobre gestión del territorio es aplicada habitualmente sobre lo urbano, así como a discutir e interpelar las versiones instituidas de hábitat y vivienda social desde las políticas estatales. Al respecto, se identifican al menos cuatro perspectivas: 1° la gestión urbanística con enfoque multisectorial e integral en las políticas públicas y el rol dominante del estado (Rudolfo, 2007); 2° las “posturas alternativas” que discuten los modelos de gestión local oficiales para la vivienda social y proponen pautas de transformación con perspectiva participativa, donde el estado es un actor más de un modelo abierto y multiactoral (Pelli, 2007; Gargantini, 2012, 2005), 3° aquellas de investigación y desarrollo en tecnologías y materiales (Berretta, 2002) y 4° aquellas que construyen experiencias empíricas sobre base de otras estructuras conceptuales en cuanto fundamentos democráticos y participativos en un marco de tecnologías de inclusión social (Peyloubet, 2017; Peyloubet et al, 2010; Cacopardo et al, 2013, 2016). Una traza común en la indagación es que implican iniciativas en territorio, que tienen como objetivo democratizar los procesos y saberes, con enfoques integrales y participativos.

La experiencia que se propone contribuye a una línea poco usual: I+D en un proceso de urbanización popular. Implica un sincronismo entre un desarrollo interactivo de análisis socio territorial y detección participativa de problemas y la construcción colectiva de estrategias de gestión y prácticas para su solución. En este sentido, se hace referencia a estrategias de gestión en un marco de teoría crítica, es decir, donde las dimensiones analíticas y luego prácticas sigan la meta de un sentido político y de desarrollo social emancipatorio.

Aquí, es oportuno señalar la diferencia con las concepciones donde la urbanización popular es enunciada desde interpretaciones prácticas y económicas y sin el sentido político estratégico que se le asigna a estos procesos que se construyen en forma interactiva.

En esta línea, los vecinos y sus redes vecinales -considerados actores relevantes, a modo de expertos territoriales- son el centro de las vinculaciones y estrategias para la solución de problemas y generación de desarrollos.

A fin de aportar a las cuestiones planteadas, se presentan resultados y discusión sobre la experiencia de gestión de uno de los aspectos urgentes a resolver: la infraestructura de pavimento y luminarias de la calle Cerrito, eje de comunicación principal del asentamiento en el barrio Nuevo Golf.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

- Generar innovación en investigación y gestión aplicada a redes interactivas para la resolución de problemas en procesos de urbanización popular.
- Aportar teoría, métodos y técnicas sobre estrategias aplicadas a la urbanización popular en territorios de extrema pobreza a partir del análisis de redes vecinales y actores relevantes, caracterizaciones, prácticas de autogestión y capacidades de asociación para la resolución de problemas.

## **3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

La matriz conceptual de la investigación implica una base de trabajo territorial. Se desarrolla con una perspectiva procesual y sistémica, con estrategias participativas. Tanto las tareas de registro, observación participante y construcción de la base empírica como el procesamiento, análisis y elaboración de datos, se plantean en un marco inclusivo de articulación de saberes disciplinares, técnicos y populares. Se trabaja con base de mapeos, aerofotos, relevamientos y entrevistas semi-estructuradas.

### **3.1 Bases metodológicas para el desarrollo en territorios pobres en un marco de Tecnologías de Inclusión Social.**

La estrategia de trabajo se basa en dos aspectos centrales:

- a) La co-construcción y ajuste en territorio de alianzas socio-técnicas entre el grupo técnico-profesional responsable del proyecto, los vecinos y familias, los organismos públicos ejecutivos y de servicios, las organizaciones no gubernamentales, asociaciones civiles y fundaciones. La sostenibilidad temporal de las acciones y de las alianzas, mediante la **Figura** gestión participativa entre los actores comprometidos es el método principal, con el fin de lograr sinergias útiles que permitan ciclos de diseño-construcción-evaluación-réplica.
- b) La construcción de una red de gestión permite, mediante diversas articulaciones interactorales e intersectoriales, la obtención de recursos materiales, humanos, institucionales y de infraestructura apropiados para cada etapa de desarrollo.

## **4 TERRITORIO DE TRABAJO**

### **4.1 Mar del Plata y Nuevo Golf**

Mar del Plata, ciudad argentina de escala intermedia, con 629.490 habitantes (INDEC 2010) es la segunda urbe turística más significativa del país, debido a su importante zona balnearia y portuaria. La ciudad sufre las consecuencias de las políticas neoliberales, especialmente en la configuración del territorio, condicionado por las fuerzas del mercado, los intereses del sector inmobiliario y las políticas exclusivas de un estado invisible en los

sectores de mayor vulnerabilidad, como son los asentamientos urbanos y periurbanos del Partido de General Pueyrredón.

En el Informe de Villas y Asentamientos de Mar del Plata, documento del 1 agosto de 2017, proporcionado por La Dirección Social de Vivienda de la Secretaría de Planeamiento Urbano, de la Municipalidad de General Pueyrredón, y con aplicación de parámetros establecidos por la Ley de Acceso Justo al Hábitat de la Provincia de Buenos Aires, se reconocen al menos 114 asentamientos informales o villas comprendidos en 45 barrios, donde residen alrededor de 10.300 familias (fig. 1).



Figura 1. Ubicación-Villas y asentamientos

El barrio Nuevo Golf se encuentra ubicado por fuera del límite del ejido urbano y las tierras suburbanas al sur de la ciudad; surge en el marco de la crisis de los años 2001-2002, producto de inmigraciones de la zona metropolitana de Buenos Aires y de provincias con elevado índice de pobreza del norte argentino. Ante la falta de acceso a la tierra y a la vivienda, la población se instala de forma precaria, dando lugar a loteos y subdivisiones no planificadas. El período inter-censal 2001-2010 permite comprender el rápido crecimiento poblacional, con tasas de entre 8 y 20%, según el GESPyT<sup>1</sup>. Sin embargo, datos actualizados indican que en tan solo dos años aumentó un tercio su población, incrementando el número familias, de 700 en 2015 a 1000 familias en 2017. Según el informe de Villas y asentamientos mencionado anteriormente, es el más numeroso de la ciudad, seguido por el barrio Las Heras con 600 familias.

<sup>1</sup> Grupo de Estudios Sobre Población y Territorio (GESPyT), Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata.

<sup>2</sup> Titulares de periódicos locales dan cuenta de la situación de emergencia. Julio de 2015: "Nuevo Golf, denuncian una situación de abandono", diciembre de 2015: "Nuevo golf, donde el sistema no permite llegar",

Su morfología presenta un fuerte contraste respecto al trazado urbano consolidado, dividido por la avenida Mario Bravo. Al alejarnos de esta avenida de circunvalación, se observa un proceso acelerado de densificación dentro de un área relativamente constante a lo largo de los años. La comparación de las aerofotos de los años 2010 y 2018 testimonian este

proceso de densificación del asentamiento, especialmente en las manzanas contiguas a la arteria principal (fig. 2).



Figura 2. Corte temporal 2010-2018

Las urbanizaciones o equipamientos privados de grandes dimensiones como el Golf Club hacia el suroeste, Rumencó y Arenas del Sur hacia el sur y el proyecto Fincas de Peralta Ramos hacia el norte circundan al barrio Nuevo Golf y contribuyen a su segregación socio-espacial.

La condición de emergencia que comienza en 2001, se refleja hoy en numerosas construcciones precarias de chapa y madera en estado de derrumbe. Nuevos procesos de ocupación de tierras tuvieron lugar en los últimos años, lo que provoca conflictos entre diversos sectores y actores.

En relación con los servicios urbanos, en la infraestructura y el saneamiento, existen graves carencias, donde las redes de gas y cloacas son inexistentes. La red de agua comienza a ser construida en 2010, sin embargo, el servicio aún es deficiente y precario, al igual que la red de electricidad, que presenta numerosas conexiones clandestinas. El transporte público ingresa recién en 2015 a partir de constantes reclamos de los vecinos. Sin embargo, la accesibilidad vehicular es perjudicada por las condiciones de las calles, tanto para el transporte público como la recolección de residuos o posibles emergencias (fig. 3)2.



Qué, periodismo en la calle. Noviembre de 2017: "Cancelan líneas de colectivo en Barrio Nuevo Golf", El marplatense. Abril de 2018: "Barrio Nuevo Golf: sin servicio de micros por el estado de las calles", La Capital.

**Figura 3.** Estado inaccesible de la calle Cerrito. Fuente: Sr. Mario Peralta y diario

"El marplatense", noviembre de 2017

La gestión del pavimento de esta calle que se constituye como la principal arteria se inicia a fines de 2016 y se concreta en una obra vial que tiene comienzo meses atrás. Se trata de un logro reciente y de gran magnitud en cuanto al alcance de la mejora que produce a nivel barrial. Esta transformación se analiza a continuación.

#### - **4.2 Identificación de problemas y actores relevantes**

- La identificación de los problemas se construye a partir de acuerdos con distintos grupos sociales que se constituyen como actores relevantes para el desarrollo local. Desde



el trabajo conjunto, se detectaron cinco áreas problemáticas con el siguiente orden de prioridad:

- 1) Infraestructura, servicios básicos y vivienda
- 2) alimentación adecuada
- 3) desempleo y/o precariedad laboral
- 4) salud
- 5) educación, cultura o actividades recreativas.

- La ausencia del Estado para dar solución las problemáticas detectadas, motiva acciones vecinales y articulaciones de cooperación con diversas instituciones y organizaciones externas al territorio. Los dos referentes barriales identificados como relevantes, Mario Peralta, principal actor y gestor que preside la Asociación Vecinal y Andrea Mansilla, encargada de la Casa de Encuentro Comunitario Dulces Sonrisas, tienen atributos y características de vinculación territorial diferente. Desde sus espacios, descritos a continuación, ejercen roles significativos en el proceso de construcción de infraestructura que se analiza en este trabajo.

- Por un lado, desde la Asociación Vecinal, ubicada en el sector de mayor densidad y antigüedad del asentamiento, próximo a la avenida Mario Bravo (fig. 4, referencia B), su presidente promueve la participación mediante reuniones de discusión de las problemáticas barriales, así como el desarrollo de ideas y proyectos para su mejoramiento. El accionar activista de este espacio se acopla al accionar militante de la agrupación política “La Trinchera”, ambas lideradas por el referente Mario Peralta. Su rol político-activista moviliza acciones de reclamo de derechos ciudadanos con una asombrosa actitud de resistencia y constante compromiso y lucha por los problemas locales.

- Por otro lado, en el sector de más reciente crecimiento del asentamiento hacia el sur surge, en 2015, el comedor “Dulces sonrisas” (fig.4, referencia A) como respuesta a los problemas de falta de alimentación de familias con alto número de niños que se instalan progresivamente en esta zona de incipiente ocupación. A partir de la iniciativa, de la emprendedora en venta de panificados Andrea Mansilla, de ofrecer una merienda una vez por semana, se suma el trabajo en red con otras instituciones y organizaciones de la sociedad civil que posibilitan recursos e insumos para acondicionar el espacio, y constituirse desde 2017 como un espacio de referencia a nivel barrial. Esto da lugar a otras prácticas (actividades deportivas, recreativas y educativas) que permiten un abordaje sistemático de problemas propios de la pobreza estructural. Desde mayo de 2018, el Programa Hábitat y Ciudadanía de la Facultad de Arquitectura y la Fundación Yo soy porque nosotros somos, realizan un convenio con el Estado obteniendo un subsidio para el funcionamiento de este espacio a través de la Subsecretaría de Políticas Sociales del Ministerio de Desarrollo Social de la Provincia de Buenos Aires.

Esta articulación permite que el espacio se constituya como una “Casa de Encuentro Comunitario” (CEC) con una estructura organizativa mayor (comienzan a trabajar una coordinadora y un trabajador social) para dar respuesta a las necesidades de manera más integral.





Figura 4. Actores y espacios relevantes

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Red de gestión pavimento

- La obra vial de pavimentación de la calle Cerrito se divide en dos tramos 1 + 2. Se trata de dos gestiones diferentes pero vinculadas, donde cada uno de los espacios de referencia barrial, tiene funciones distintas en las estrategias de cada etapa.

#### 5.1.1 Pavimentación tramo 1

- El tramo 1 corresponde a la calle Cerrito entre la avenida Mario Bravo y la calle 75. La red de gestión (fig. 5) se inicia a partir de los reiterados reclamos ante las autoridades municipales realizados por los vecinos, representados por el referente barrial Sr. Mario Peralta.

- A su vez el Programa Hábitat y Ciudadanía en articulación con otras instituciones de I+D sostiene y apoya las peticiones realizadas por los vecinos y acompaña, a través de asistencia técnica profesional en los distintos procesos de urbanización popular que acontecen en Nuevo Golf.

- Entre fines de 2017 y principios de 2018, comienzan las obras viales de un trabajo planificado en dos etapas para el tramo 1:

- 1. En la primera fase se realiza el ensanche y mejoramiento del cruce de la calle Cerrito en intersección con Mario Bravo. El Sr. Mario Peralta realiza un reclamo en la dependencia municipal de transporte, indicando la importancia de incluir 100 metros de pavimento no considerados inicialmente.

- 2. La segunda etapa tiene comienzo en octubre de 2018, a partir de las obras de movimiento de tierra, terraplenado y preparación para armado estructural, a través de la intervención del Ministerio de Transporte de la Nación, articulando con el Municipio de

General Pueyrredón a través del Ente de vialidad y alumbrado público. La obra (fig. 6) contempla 750 metros lineales de carpeta estructural. Incluye cordón cuneta en todas las esquinas, y la colocación de tres bocas de tormenta en el recorrido. Para la realización de los trabajos la Municipalidad de General Pueyrredón se licita la obra a la empresa constructora COARCO S.A.

- **5.1.2 Pavimentación y mejorado tramo 2. Alumbrado público tramo 1 y tramo 2**

El tramo 2, corresponde a la calle Cerrito entre calle 75 y calle 81 para mejorado, pavimentación e instalación de alumbrado público por esta arteria principal desde el cruce con avenida Mario Bravo hasta la calle 81, aproximadamente 1100 metros.

La red de gestión (fig. 5) surge a partir de la consolidación del CEC Dulces Sonrisas como espacio comunitario de referencia barrial y el previo trabajo de la Fundación Yo soy porque nosotros somos y su articulación con el Programa Hábitat y Ciudadanía, con el Ministerio de Desarrollo Social de la Provincia de Buenos Aires. Como anexo a las actividades desarrolladas en este espacio, desde la Subsecretaría Social de Tierras y Acceso Justo al Hábitat-Dirección de Proyectos, Obras y Equipamiento Social Básico para el Desarrollo Barrial, se propone la construcción de un playón deportivo en el terreno lindante, hecho que moviliza la obra de pavimento del tramo 2.

La articulación Estado, fundación e institución de I+D permitió la concreción de un acuerdo entre el Ministerio de Desarrollo Social y el Municipio de General Pueyrredón, a través de la Secretaría de Obras y Planeamiento Urbano. Se trata de un subsidio para la concreción de las obras mencionadas. El municipio elaboró el proyecto y licitará la obra una vez que reciba la partida presupuestaria.

El asfalto de los 360 metros lineales incluye cordón cuneta y la instalación de 64 luminarias de Alumbrado Público Especial conformado por columnas metálicas de 9 metros de altura libre que incluyen artefactos de iluminación con tecnología LED.

El rol del Programa Hábitat y Ciudadanía y la Fundación Yo soy porque nosotros somos, y su presencia en territorio, fue esencial para efectivizar el vínculo entre el Ministerio y el municipio. De esta manera el dispositivo creado para la construcción del playón deportivo para el CEC es el disparador de la extensión del asfalto hasta la calle 81 y la instalación de luminarias para la arteria principal.

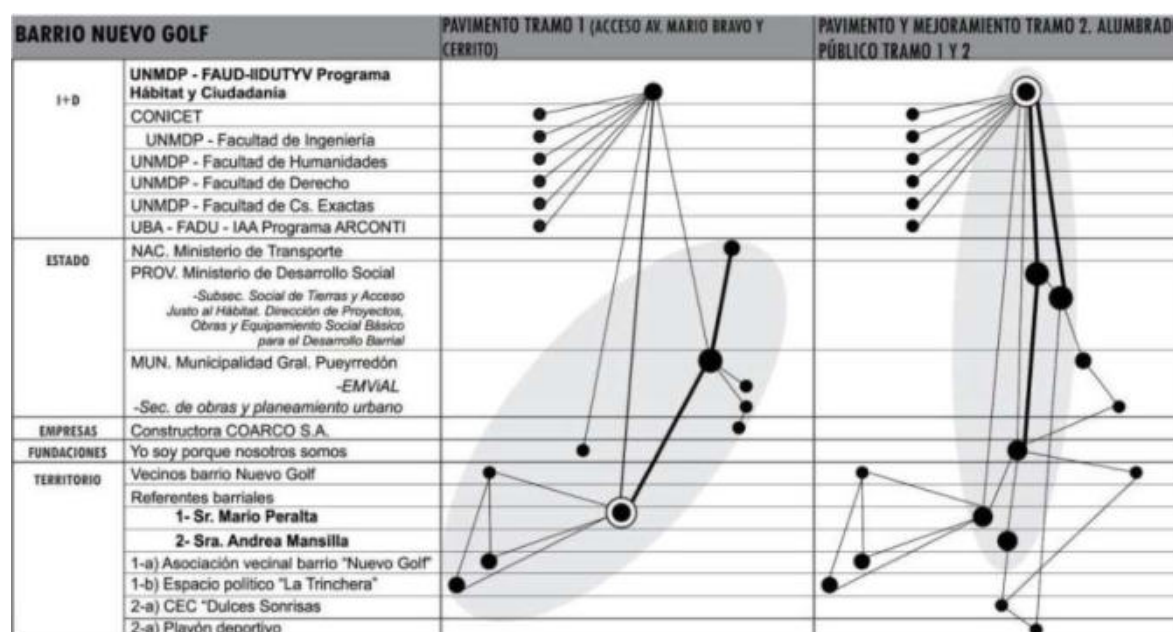


Figura 5. Red de gestión tramo 1 y tramo 2



Figura 6. Etapas de la pavimentación calle Cerrito

## - 6 DISCUSIÓN

- Los resultados de este trabajo aportan materiales sobre un proceso interactivo y participativo para lograr el mejoramiento barrial. La construcción de esta infraestructura tiene un sentido que trasciende la concepción tradicional de urbanización, es decir, la extensión material infraestructural de la ciudad formal a territorios de exclusión.

- En otras palabras, lo que es visto usualmente desde los organismos estatales como una política de inclusión de asentamientos informales, aquí se de-construye en una compleja red de interacciones barriales e interinstitucionales que se vinculan con prácticas de resistencia y confrontación respecto al orden político vigente.

- Esta experiencia de urbanización popular refiere a redes territoriales que implican movimientos emancipatorios y transformaciones impensables sin esta compleja trama que tiene su centro principal en las prácticas urbanas de la Asociación Vecinal y a su referente, considerado, en sentido epistémico y político como “experto” territorial. Así, se puede inferir que este proceso constituye una conquista social más que una política pública.

- Estos resultados aportan elementos para pensar estrategias más abiertas, sistémicas y participativas donde las redes territoriales barriales y el colectivo de instituciones sean partes activas de un diseño de interrelaciones desde la misma formulación de problemas. Estos materiales sirven tanto a la discusión de teoría, métodos y técnicas sobre formas de gestión, como al diseño de políticas urbanas en sectores de extrema pobreza.

- Finalmente, se considera que esta experiencia en cuanto a su dimensión empírica y analítica contribuye a una línea poco usual en la investigación formal: I+D en un desarrollo de urbanización popular, donde se participa en la construcción y transformación de los mismos procesos que se estudian. Es decir, un sincronismo entre un proceso interactivo y participativo de planteo de problemas, construcción de estrategias de gestión y prácticas para su solución.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramo, P. (2011) *La producción social de las Ciudades latinoamericanas: Mercado Inmobiliario y estructura Urbana*; Textos Urbanos, Quito 2011



- Berretta, H. y Gatani, M. (2002). *Investigación y Transferencia Tecnológica para Vivienda Popular. Semilla... O un proceso de búsqueda socio habitacional*. In: IV Seminario Ibero-Americano Da Rede CYTED XIV. C. Instituto da Pesquisas Tecnológicas IPT. San Pablo. pp. 191-207. Disponible en: <<http://habitare.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/187.pdf>>
- Boldrini, P.; Malizia, M. (2017) *Urbanizaciones informales en ciudades intermedias. Los casos del Gran San Salvador de Jujuy y Gran San Miguel de Tucumán (Noroeste argentino)*. In: Cuaderno urbano 23: *Espacio, cultura, sociedad en*: Disponible en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=369253655004>>
- Cacopardo, F.; Cusán, M.I.; Blanco Pepi, M; Cacopardo, G. y Freire, F (2016). *Desarrollo tecnológico como desarrollo humano en contextos de extrema pobreza: Soportes para el Habitar*. In: *Revista Académica Facultad de Ciencias Sociales 7 (4)*. Buenos Aires.
- Cacopardo, F.; Cusán, M.I.; Rotondaro, R. (2013). *Tecnologías sociales como un emergente territorial: Aportes para un modelo de gestión del Habitar Popular. Experiencia matriz para pilares de conexión eléctrica, Mar del Plata, Argentina*. In: *Cuaderno Urbano 14, UNNE, Resistencia*.
- Cravino, M.C. (2008) *Análisis cuali-cuantitativo de villas y asentamientos en el Gran Buenos Aires. Los mil barrios (in) formales*. Los Polvorines, Buenos Aires. pp. 129-145.
- Gargantini, D. (2005) *Gestión local del hábitat. Experiencias en municipios intermedios*. Córdoba, Argentina: Ed. Universidad Católica de Córdoba.
- Gargantini, D. (2012) *Pautas operativas para una nueva gestión local del hábitat en ciudades intermedias*. In: *Cuaderno Urbano 12, Nobuko / EUDENE*.
- Nuñez, A. (2011) *Misericordias de la propiedad: apropiación del espacio, familia y clase social, Mar del Plata, EUEM*.
- Pelli, V.S. (2007). *Habitar, Participar, Pertenecer. Acceder a la vivienda-incluirse en la sociedad:139- 152*. Edit. Nobuko. Buenos Aires. 236 p.
- Peyloubet, P. (2017) *Reconocimiento de saberes, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Diseño*.
- Peyloubet, P.; Massuh, H.; O' Neill, T.; Valladares, G.; Fenoglio, V. CEVE (2010). "Desarrollo local a partir del uso de Tecnología Social: Un enfoque alternativo". En *Cuaderno Urbano 9, Nobuko / EUDENE, Universidad Nacional del Nordeste*.
- Pérez, P. (2013) *Perspectivas latinoamericanas para el estudio de los servicios urbanos*. In: *Revista Cuaderno Urbano 14 (14)*. Universidad Nacional del Nordeste- Nobuko / EUDENE.
- Rodolfo, M. B. (2007). *Políticas habitacionales y producción social del hábitat en la Argentina. Encuentros, desencuentros y aprendizajes*. In: *Conferencia en CD II Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular, AVE-CEVE, Córdoba*.

## MÓDULO HABITACIONAL TRANSPORTABLE DE USOS MÚLTIPLES CONSTRUIDO EN MADERA

*Luis Agustín Ricci (ing.luis.ricci@gmail.com); Jeremías Borghello  
(jeremiasborghello@hotmail.com)*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (UTN-FRLP) - Arg.

**Palabras clave:** Construcción en madera, construcción en seco, construcción sustentable.

*En Argentina existe un gran déficit relacionado a la rama de la Ingeniería Civil cuyo objetivo es brindarle un espacio al hombre. Personas con necesidad habitacional insatisfecha, obras temporales en caso de inundaciones, infraestructura hospitalaria y edificios educativos.*

*Para la solución de estas problemáticas el Grupo de Investigación en Viviendas (GIV) de la UTN Facultad Regional La Plata, recurrió a la implementación de un sistema canadiense denominado Platform-frame.*

*El sistema se basa en construir piezas parte (entramados, vigas, cabreadas y otros) a partir de madera y/o productos foresto industriales, los que se combinan con materiales no madereros, que se colocan en obra y/o taller. Se elige trabajar en madera debido a que es un material natural, renovable, reutilizable y reciclable. Las tres especies utilizadas en las diferentes edificaciones realizadas por el GIV en conjunto con el LIMAD de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, han sido Eucalyptus Grandis, Pino Elliotti (Pinus elliotii) y Sauce (Salix), siendo el empleo de esta última especie una innovación desde el punto de vista de la construcción debido a que su uso se restringe principalmente a uso en armado de cajones y mimbrería.*

*Este método constructivo propone viviendas sustentables, ya que hace un uso eficiente de los recursos, es amigable con el medio ambiente, posee una mayor aislación que la construcción convencional y por ende contribuye al ahorro energético.*

*Se propuso la utilización del sistema para la creación de un módulo transportable de usos múltiples cuyas funciones serán:*

*Viviendas unifamiliares: con alto aprovechamiento del espacio reducido, que propicien un servicio para alojamiento de los evacuados en catástrofes climáticas,*

*Sala de emergencias transportable, y*

*Aula escolar en zonas rurales de rápida realización.*

*Una vez cesada cualquiera de las actividades nombradas el módulo podrá transportarse nuevamente hasta una próxima zona de emplazamiento.*

### 1. INTRODUCCIÓN:

En la Argentina existe un gran déficit relacionado a la rama de la Ingeniería Civil cuyo objetivo es brindarle un espacio al hombre. Al encontrarse la ciudad de La Plata dentro del territorio argentino no queda exenta de estas problemáticas nacionales. Personas con necesidad habitacional insatisfecha, obras temporales en caso de inundaciones, infraestructura hospitalaria y edificios educativos, son los cuatro tópicos en los que incidirán el presente trabajo.

Del ensayo *Escándalos Éticos* (2011), de Bernardo Kliksberg se expone lo siguiente: “El 32% de los latinoamericanos habitan en viviendas precarias, con infraestructura y servicios inadecuados, tenencia de la tierra irregular y hacinamiento. En América Latina la población urbana significa el 75 % de la población total. [...] Se estima que 60 millones carecen de agua potable, 120 millones no tienen instalaciones sanitarias y los que tienen agua la encuentran altamente contaminada. En el párrafo 1 del artículo 25 de la Declaración



Universal de Derechos Humanos se proclama que: “Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios (...)”. La cuestión de la vivienda es parte de un problema político y estructuralmente no tiene verdadera salida fuera de sus límites. Sin embargo, es válido seguir pensando la ciudad y sus componentes, polemizando y proponiendo soluciones directas a los problemas inmediatos de la mínima vivienda de interés social. Las soluciones habitacionales en la región exigen políticas públicas que consideren la correcta utilización del territorio urbano y suburbano; inversiones que jerarquicen la cohesión social ya generada en los grupos que los componen, e integración plena al sistema productivo de sus habitantes.

En el presente trabajo se procura abordar las condiciones del hábitat, mejorándolas y economizando los gastos de tiempo y dinero para la producción de módulos habitacionales con un alto aprovechamiento del espacio reducido.

El aumento de la densidad poblacional impacta fuertemente en el ambiente impermeabilizando el suelo y dificultando el escurrimiento del agua. El uso cada vez mayor de tierras marginales para cultivos inadecuados aumenta la erosión del suelo y genera inundaciones súbitas. La agricultura intensiva y el uso potente de maquinarias agrícolas que destruyen la protección vegetal del suelo junto a la deforestación de tierras con fuerte pendiente que también eliminan la cobertura vegetal que los protege; componen las principales causas de catástrofes hídricas. Según defensa civil las emergencias atendidas referidas a fenómenos hidro-meteorológicos en los últimos seis años se han quintuplicados respecto al promedio histórico. María Catalina Ramírez en *Inundaciones* expresa: “Las inundaciones son el mayor desastre natural que amenaza al país y representan el 60% de los desastres naturales y el 95% de los daños económicos. [...] el 80% de la población del país vive en la planicie del Paraná y del Paraguay, y el resto se ubica generalmente cerca de los cursos de agua”. Este crecimiento urbano desorganizado, los factores antes mencionados y el volumen de lluvias que creció 20% entre 1961 y 2010 debido al cambio climático; contribuyen a un riesgo acrecentado de sufrir inundaciones ribereñas.

Los prototipos por desarrollar tendrán diseños en donde se propiciará un servicio para alojamiento de los evacuados y otro como sala de emergencias transportable.

La tercera rama por implementar dentro del proyecto está referida al sistema de salud. Según Mario Glanc: “Al hospital sólo deben llegar las patologías que no puedan ser resueltas en un nivel primario. Esto no está ocurriendo en la Argentina, porque al hospital se llega indiscriminadamente, [...] son al menos 14 millones los argentinos que no cuentan con ningún tipo de obra social o plan de salud y no tienen otra alternativa. En Chaco, Formosa y Santiago del Estero más de la mitad de la población no tiene cobertura de salud. En general, todo el norte argentino es la región más desfavorecida”. Además de la falta de infraestructura, la existente realizada con el sistema tradicional de construcción conlleva a un mantenimiento que no se concreta por parte del estado provocando la precarización de las condiciones laborales del personal, derivación de pacientes que usualmente se hubiera tratado en la institución por carencia de insumos o imposibilidad de realizar prácticas de diagnóstico o cirugías que antes llevaban a cabo en la institución, entre otras falencias. Consecuentemente el objetivo de este módulo construido masivamente es descomprimir el trabajo a los hospitales generando centros simples, económicos, de fácil mantenimiento, que permitirían una acción muy eficaz en situaciones de emergencias o en lugares remotos.

Abordando la última cuestión de las cuatro planteadas en esta introducción, los datos provenientes de *Infraestructura escolar 2016-2025* de Cecilia Cavedo, expresan la siguiente demanda: Para el Nivel Inicial considerando la ampliación de la infraestructura para las salas de tres, cuatro y cinco años, el número de salas requeridas sería 4.952 al año 2020 y de

9.293 al 2025. En el nivel primario, la ampliación de la jornada escolar requeriría la construcción de 10.775 salas a 2020 y de 17.241 a 2025. Para cumplir con las exigencias de la Ley de Educación Nacional en el nivel secundario, se deberían construir 12.000 salas al año 2020 y 21.911 a 2025. Equivaldrían en promedio a 9.101 establecimientos: 3.098 en el nivel inicial, 2.873 en el primario, y 3.130 en el secundario. En la ciudad de la Plata faltan 71 nuevas aulas (38 para secundarias, 17 para el nivel inicial, 13 para primarias y 3 para escuelas especiales), además que el 80% de las escuelas en funcionamiento poseen graves deficiencias edilicias. Por otro lado, las escuelas de campo registran una menor tasa de promoción respecto del total nacional e índices mayores en lo que se refiere a abandono interanual y sobre - edad (ingreso tardío en la escuela). Esto se debe, entre otras razones y a la distancia que hay que vencer para llegar a muchas escuelas, a la escasa oferta educativa en el nivel inicial. Cerca del 40% de los chicos que viven en ámbitos rurales no tiene acceso a una educación secundaria, aunque es obligatoria. La propuesta del proyecto es la construcción de un prototipo, el cual será económico, de rápida construcción, cumpliendo con todos los estándares especificados en normas, reglamentos, etc. y que servirá de aula con la adición de sanitarios.

Como la solución de fondo es compleja y puede que demore demasiado tiempo hasta que impacte en forma acabada sobre cada familia, zona de desastre natural, paciente o niño, el grupo de trabajo a partir de este proyecto pretende simplificar la manera de abordar estas problemáticas con un único prototipo de fácil realización y con la diferenciación en el diseño de los tabiques internos abordando la mejora de las condiciones de habitabilidad de los sistemas existentes, realizando una valoración de las condiciones actuales y proponiendo los cambios que de ella surgieren. Manteniendo la idea de menor costo, que involucre la autogestión del grupo afectado, la seguridad del sistema constructivo, el trabajo con tecnologías en madera, la seguridad en los sistema de calefacción y energía, la provisión de agua potable y el tratamiento de las aguas servidas, serán los conceptos principales para un mejor desempeño del prototipo realizado destinado a suplir las necesidades planteadas.

## 2. OBJETIVOS:

En el marco de un Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID), durante los años 2019, 2020 y 2021 el Grupo de Investigación en Viviendas (GIV) de la UTN – FRLP, ha propuesto como objetivo general: proyectar, desarrollar y construir un módulo de usos múltiples, transportable, ejecutado en madera con el sistema denominado “*platform frame*”, empleando en la ejecución de éste, técnicas de autoconstrucción.

En particular el presente artículo aborda las instancias iniciales en las cuales el Grupo se encuentra trabajando.

El objetivo principal de este trabajo es dar a conocer las acciones que viene desarrollando el Grupo de Investigación en Viviendas (GIV) en el área de construcciones sustentables en madera, como así también el trabajo que se propone desarrollar durante los años venideros.

## 3. METODOLOGIA:

La metodología que se plantea para el desarrollo del Proyecto de Investigación y Desarrollo contempla los siguientes hitos principales:

1. Recopilación de antecedentes
2. Desarrollo del Marco Teórico
  - a. Estudio de las características físico-mecánicas de la madera empleada
  - b. Estudio del Sistema Constructivo
  - c. Diseño del prototipo
  - d. Planificación de la construcción
3. Ejecución del módulo de usos múltiples transportable

4. Medición de parámetros de confort habitacional
5. Análisis de los resultados obtenidos y conclusión

Como fuera mencionado, a la actualidad el Grupo se encuentra recorriendo el camino de la recopilación de antecedentes y el desarrollo del marco teórico haciendo un fuerte hincapié en el diseño prototípico de tal manera de desarrollar módulos transportables y fácilmente montables. El presente trabajo entonces abordará el diseño prototípico para cada una de las funciones que se desean cubrir:

- Viviendas unifamiliares,
- Habitáculo temporal para evacuados en situaciones de catástrofes climáticas
- Sala de emergencias transportable, y
- Aula escolar transitoria en zonas rurales de rápida realización.

#### **4. GRADO DE AVANCE:**

El Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID), llevado adelante por el Grupo, se encuentra en instancias preliminares dado que el mismo se ha iniciado en el corriente año. Siendo los hitos principales alcanzados: la recopilación bibliográfica, el análisis del marco teórico con el desarrollo de diseños prototípicos y el diseño de fundaciones removibles.

A continuación se describen algunos de estos tópicos:

##### **4.1: Recopilación bibliográfica**

Dentro de éste ítem, además de la recapitulación bibliográfica se ha definido:

- I. Destino de los módulos a proyectar:
  - Viviendas unifamiliares: con alto aprovechamiento del espacio reducido, que contemple los servicios mínimos como cocina, baño, sala de estar-comedor y dormitorio.
  - Habitáculo temporal: Espacio de dormitorio compartido con baño.
  - Sala de emergencias transportable: Unidad básica destinado a consultorio médico cumpliendo los estándares mínimos requeridos por los reglamentos.
  - Aula escolar en zonas rurales de rápida realización: Cumpliendo los requisitos mínimos establecido por reglamentos para una capacidad de 20 alumnos.
- II. Superficies a cubrir:
  - Estarán en función del análisis obtenido para cada una de las soluciones brindadas en su respectiva problemática. La superficie final tendrá la virtud de saciar todas las necesidades al mismo tiempo ofreciendo los servicios requeridos en cada caso (sanitarios, pupitres, camilla, etc.) con las menores dimensiones posibles.

##### **4.2: Desarrollo del marco teórico.**

- I. Estudio del Sistema Constructivo:

Los diseños prototípicos se han basado en el método constructivo conocido como *Platform-frame* o Sistema de Entramado de Madera. Se basa en la utilización de una estructura de tablas de escuadrías pequeñas (p.e. 2,54 cm x 7,62 cm ó 5,08 cm x 10,16 cm) las cuales se unen mediante clavos o tornillos confeccionando entramados horizontales o verticales (en función de la ubicación en la estructura) logrando de este modo que el elemento trabaje en forma conjunta distribuyendo los esfuerzos de una manera menos concentrada y se sustituye el empleo de grandes vigas y columnas utilizadas en la construcción tradicional.

Como ventaja primordial de este sistema se encuentra la utilización de madera proveniente de bosques implantados y manejados sosteniblemente por el hombre, lo

que frena la deforestación de bosques nativos y aumenta los sumideros de carbono colaborando a reducir la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmosfera, uno de los principales gases a tratar por el “Acuerdo de París” sobre el cambio climático. También es de los materiales empleados en la construcción que menos energía demanda para su fabricación, siendo esto una ventaja primordial a la hora de hablar de construcciones sostenibles.



Figura 1. Sistema constructivo Platform-frame

## II. Diseño del prototipo:

El sistema modular de paneles consistirá en el armado de tres “especies” de paneles que se realizarán en taller donde cada uno tendrá una función, características, modo de anclaje tanto intra-específico como inter-específico. En principio se planteó medidas estimativas según su peso para el montaje y atendiendo las especificaciones del sistema constructivo empleado.

**Panel piso:** Paneles de 1,20 m x 1,20 m ó 0,60 m x 1,20 m. Compuesto por barrera panel fenólico, listones 1,27 cm x 5,08 cm, lámina de polietileno, piso flotante. Todos estos elementos estarán unidos a una estructura conformada con escuadrías de 5,08 cm x 10,16 cm.

**Panel muro:** Paneles de 1,20 m x 2,44 m. Desde el interior hacia el exterior estarán compuestos por: Placa de yeso, lámina de polietileno, listones de 1,27 cm x 5,08 cm, lana de vidrio, barrera gas permeable, revestimiento exterior. Todos estos elementos estarán unidos a una estructura conformada con escuadrías de 5,08 cm x 10,16 cm.

**Panel techo:** Paneles de 0,60 m x *Menor luz del ambiente*. Su composición estará definida desde el interior hacia el exterior por placa de yeso, lamina de polietileno, listones de 1,27 cm x 5,08 cm, vigas de 5,08 cm x 15,24 cm, lana de vidrio, paneles fenólicos, barrera gas permeable, clavadera de 5,08 cm x 7,62 cm, aislante hidrófugo, chapa galvanizada.

La determinación de sus medidas está en función del ensamblado, para lo cual se tomó en base al peso y tamaño que pueden movilizar dos operarios. Las uniones entre paneles serán con fijaciones que permitan el desmantelamiento del módulo y su nuevo ensamblaje, impidiendo el desgaste de la estructura, aislación térmica eficiente, buena terminación estética y facilidad constructiva.

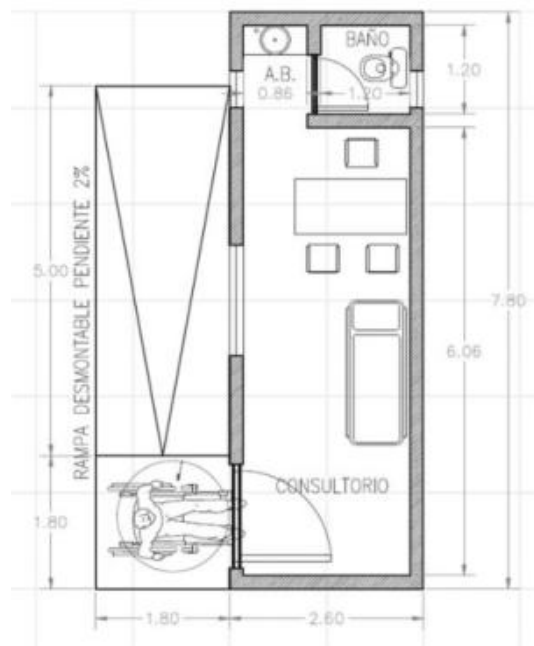


Figura 2. Módulo, sala primeros auxilios

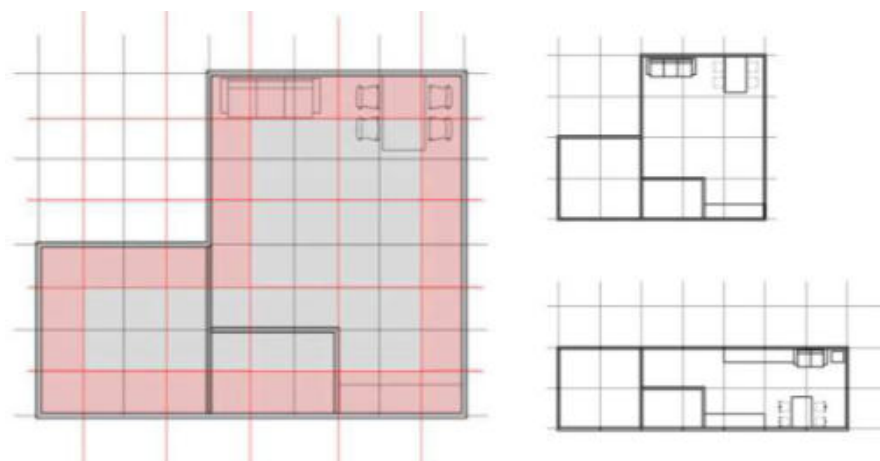


Figura 3. Módulos vivienda en función de los paneles piso.

### III. Sistema de fundaciones:

Para las fundaciones se dispondrá de varios artefactos transportables como se esquematiza en la Figura 4, los mismos estarán compuestos por una pirámide cuadrangular complementada por un vástago regulable que será de utilidad para la nivelación de la vivienda. Sobre estos irán una serie de vigas reticuladas de madera generando la unión de filas paralelas de las bases aisladas.

Por último se colocará los paneles de piso que rigidizaran el conjunto de vigas dando mayor solidez al conjunto de fundación.



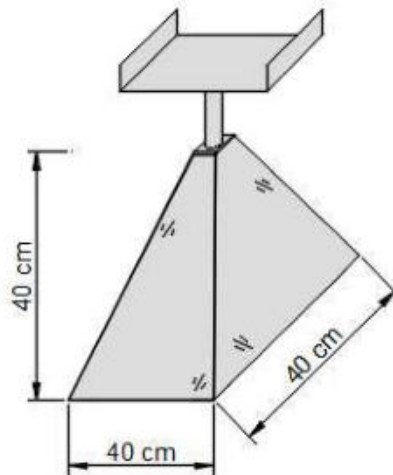


Figura 4. Base aislada transportable.

## 5. CONCLUSIONES

El presente trabajo demuestra el camino recorrido en las instancias iniciales para el Proyecto de Investigación y Desarrollo de módulos habitacionales transportables construidos en madera.

Del estudio bibliográfico se destacan algunas conclusiones de los beneficios del empleo de la madera y del sistema constructivo como las siguientes:

- La construcción en seco y en particular el sistema constructivo *Platform-frame*, son adecuados para brindar soluciones a situaciones de emergencias que requieren una rápida acción por ser sistemas de ejecución veloz, que no requieren un terreno con alta capacidad de carga por ser livianos, y por ser desarmables no dejando rastros o huellas en el ambiente luego de su desmonte.
- Los sistemas constructivos en madera que están compuestos por paneles de varias capas y aislantes poseen menores coeficientes de conductividad térmica que otros sistemas constructivos tradicionales, de tal manera que logran resultados óptimos ante las inclemencias del tiempo.
- Por otro lado, se hace sumamente interesante emplear materiales como la madera ya que la misma proviene de bosques cultivados siendo una materia prima responsable, renovable y sostenible a largo plazo. Además, estos bosques implantados en su proceso de crecimiento por cada metro cúbico de madera, retiene una tonelada de dióxido de carbono y libera a razón de 0,7 toneladas de oxígeno a la atmósfera.

En un futuro próximo las tareas a realizar por el Grupo serán:

- Definir las medidas últimas a utilizar en las distintas “especies” de paneles cumpliendo, además de lo mencionado anteriormente, con la facilidad de ensamblado en serie y montaje en obra.
- Realizar ensayos mecánicos en la madera a emplear. Con ello se tendrán los valores de resistencias a insertar en un software de cálculo estructural y así definir la viabilidad de las medidas últimas adoptadas en el punto anterior para maderas que no se encuentren en el reglamento argentino de construcción en madera (CIRSOC 601)
- Definir uniones mecánicas y en base al punto anterior siguiendo la metodología de pruebas en un software, definir sus dimensiones y cantidad de fijaciones.

Por último se seguirá lo planificado en la metodología cumpliendo los objetivos planteados en el PID y mejorando la situación actual de las distintas problemáticas que aborda este trabajo.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Kliksberg, B. (2011). *Escándalos éticos*. Buenos Aires: Temas Grupo Editorial SRL.
- Ramírez, M. C. (2016). *"Inundaciones"*. Buenos Aires: World Bank Group
- Cavado, C. (2016). *Infraestructura escolar 2016-2025*. Buenos Aires: Cámara Argentina de la Construcción.
- Mario Glanc (2015). Artículo periodístico "Salud enferma: la crisis de los hospitales públicos argentinos". Buenos Aires: La Nación
- Borghello, J. (2017). *¿Por qué no en madera? Exposición oral Expo UTN 2*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata (UTN FRLP). La Plata, Argentina.

### **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a la UNIVERISDA TECNOLÓGICA NACIONAL, Facultad Regional La Plata y a su Departamento Ingeniería Civil por el apoyo brindado al trabajo del GIV; a todos los integrantes del GIV que han colaborado en la presente publicación y brindan su trabajo cotidiano en post del desarrollo grupal, y al Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD) de la facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP por el trabajo en conjunto que venimos desarrollando hace varios años.

## HABITACIÓN Y OCUPACIÓN URBANA EN LA CIUDAD DE MACAPÁ-AMAZONIA / BRASIL

Adailson O. Bartolomeu ([adailsonb@yahoo.com.br](mailto:adailsonb@yahoo.com.br)); Anderson T. Lameira  
([adersonmaycontl@gmail.com](mailto:adersonmaycontl@gmail.com)); Luis Lopes ([geo.luislopes@gmail.com](mailto:geo.luislopes@gmail.com))

Secretaria de Desenvolvimento das Cidades (SDC) - Brazil  
Centro de Ensino Superior do Amapá (CEAP) - Brazil

**Palavra chave:** Assentamentos precários, aglomerados subnormais, cidade e urbanização.

*Pretende-se neste trabalho abordar aspectos gerais que norteiam os estudos urbanos realizados na cidade de Macapá, localizada no norte da Amazônia brasileira, acerca do levantamento e diagnóstico sobre espaços subnormais e suas relações de repercussão territorial de uso e ocupação espontânea e de caracterização predominantemente informal do solo urbano. O artigo foi estruturado metodologicamente utilizando imagens de satélite, ferramentas de geoprocessamento, pesquisas bibliográficas e visitas técnicas nas áreas apresentadas como objeto de análise na tentativa de aliar as contribuições de outras produções à vivenciadas sobre o tema apresentado. Almeja-se, portanto, subsidiar intervenções planejadas de melhorias da qualidade urbana, direcionadas principalmente para as ações de mais valias, como saneamento, qualidade do habitar, preservação e valorização do meio ambiente e valorização da importância de discutir a cidade como sinônimo de uma vida melhor.*

### 1. INTRODUÇÃO

O Estado do Amapá, está localizado no extremo norte e possui boa parte do seu território na porção setentrional do Brasil e faz fronteira com Suriname e com a Guiana Francesa, sofre à pelo menos duas décadas com problemas relacionados à falta de direcionamento de políticas adequadas para o desenvolvimento dos espaços urbanos, o que reflete em um contundente crescimento urbano de consequências desordenadas e fragilizadas, dificultando ainda mais a busca por espaços sadios que proporcionem uma melhor qualidade de vida para a população. A esses problemas também pode-se adicionar a inoperância das gestões municipais na aplicação dos instrumentos de gestão e planejamentos formais elaborados para conter, nortear seus territórios direcionando a expansão das cidades, em virtude principalmente do aumento populacional. Esse crescimento reflete na elevação negativa dos índices de urbanização dos centros urbanos, números que são notórios ao visualizar-se a pulverização das favelizações, aqui utilizada como sinônimo de expansão da precarização dos espaços ocupados.

A busca por novos sítios urbanos, espaços esses que possam diminuir as distâncias aos serviços públicos essenciais e/ou até mesmo que possam inibir a cobrança por tais serviços, fortalece o adensamento precário, a população de menor poder aquisitivo é a principal vítima dessa ausência de políticas efetivas por melhorias territoriais, principalmente relacionadas ao direito pela moradia, pois no Amapá os índices de crescimentos de áreas impróprias para o habitar, comumente chamadas de áreas de ressacas, são evidentes e bem límpidas a vista da paisagem da cidade.

A precarização desses espaços reflete na dificuldade da prestação de serviços públicos, dentre eles principalmente o tema da segurança pública, devido à complexidade em acessar o interior dos aglomerados e com isso ser quase inviável a contenção do aumento dos índices de criminalidade internamente e em seu entorno, e o tema do saneamento, que por ser um direito básico universal de saúde e qualidade do território é extremamente limitado

por causa das condições de assentamentos naturais desses sítios citados em áreas ambientais fragilizadas. Destarte, como enfatizava Rossi (2001, p.173): "todas as vezes que nos deparamos com fatos urbanos reais, temos condição de perceber sua complexidade", o trabalho aqui desenvolvido é congruente ao pensamento citado, busca explicar de forma clara aspectos visuais desse enredo complexo que é a realidade permeável dos problemas das cidades, com foco nos fatos percebidos e vivenciados em Macapá através da apresentação de estudos desenvolvidos pelos autores.

Nesse sentido, aborda-se aspectos relacionados à realidade do município, a questão habitacional, a ocupação urbana, a configuração espacial do território e a realização de análises postergando as complexidades diagnosticadas e que aqui são ventiladas a fim de visualizar prognóstico positivo frente aos problemas deparados, visto que entender essa relação é fundamental para a busca de soluções que amenizem os problemas do convívio diário entre a qualidade urbana e o uso informal e mortificante de seus espaços.

## **2. O LUGAR DE ANÁLISES: MACAPÁ/AMAPÁ/AMAZÔNIA/BRASIL**

### **2.1. Aspectos gerais da cidade.**

Macapá é capital do estado Amapá, situada no norte do Brasil, possui 493.634 habitantes estimado, segundo dados do IBGE (2018), a gênese e estruturação da cidade remonta o período colonial quando recebeu os primeiros moradores oriundos das Ilhas de Açores que aportaram a margem esquerda do Rio Amazonas para ocupar a região, nascendo assim a Vila de São de Macapá em 1758 (PICANÇO, 1981) atualmente 59,50% da população estadual mora no município.

Em 1944, Macapá foi transformada em capital do recém-criado Território Federal do Amapá. Nos vinte anos seguintes, as obras realizadas nesta cidade, a fim de modernizá-la, promoveram um grande crescimento populacional, promovido principalmente pela chegada de milhares de migrantes de outros estados brasileiros. Rapidamente grandes bairros foram sendo formados, estes novos assentamentos não eram assistidos pelos serviços públicos, moradias e empregos eram escassos, insuficiente era também o fornecimento de gêneros alimentícios. A carestia tornava a sobrevivência um enorme desafio para os mais pobres. O súbito crescimento demográfico, os obstáculos criados pela Segunda Guerra Mundial e a defesa governamental das margens de lucro das classes proprietárias fizeram tal problema ganhar proporções muito dramáticas (LOBATO, 2013).

Os sítios em Macapá com águas superficiais, que compreendem os campos alagados (apropriadas verbalmente como áreas de ressacas e que são objetos público de Proteção Ambiental Permanente) exercem uma dinâmicas urbana no formato de condicionante natural do sistema drenante urbano por redes de conexões que objetiva o controle ambiental da cidade, porém esses espaços são de grande fragilidade em relação a sua proteção por parte dos poderes públicos, com isso tornam-se, principalmente por se situarem por toda a malha da cidade, um atrativo edificante para as centenas de famílias que migram do meio rural e buscam acessos permeáveis aos serviços e empregos, visualizando as áreas de ressaca como uma alternativa viável de agregação e início de uma vida oportuna, mesmo que ela seja fortificada em espaços degradados com baixa qualidade urbana.

### **2.2. Aspectos climáticos**

A cidade de Macapá localiza-se sobre o limiar equatorial geográfico (ver figura 1), tem como particularidades, entre muitas outras, as características climáticas rígidas da região ao qual está inserida, que, segundo classificação de Koppen, pertence a categoria de clima equatorial super-úmido. Para essas regiões, Romero (2000) recomenda, no sentido de obter uma boa integração da arquitetura como o meio natural, algumas estratégias bioclimáticas: assegurar que a forma deva ser aberta, sombreada, a excessiva radiação evitada, em

especial a difusa, através da utilização de materiais pouco refletivos, a ventilação favorecida em todos os ambientes e a forma dos lotes mais larga do que comprida, a fim de aproveitar ao máximo a ventilação conduzida pelas ruas.



Figura 1: Macapá, Amapá, Amazônia-Brasil.

Fonte: Desenvolvido pelo autor, 2012.

Macapá pertence, de acordo com Köppen, ao clima "equatorial úmido" categoria clima Af, onde, em resumo, a cidade e proximidades, têm média global da temperatura do ar anual de 27,1°C, com 84% de umidade relativa, precipitação média de 2.761,6 mm (distribuído de forma diferente ao longo do ano) e 2.338 horas de sol (NECHET, 1993). Não ocorrem variações térmicas estacionárias sensíveis para estabelecer um período quente e um período de frio ocorrer. Os meses de dezembro e maio são os mais chuvosos, sendo junho e novembro, o menos chuvoso, isto é, estes dois períodos representam, para a região, respectivamente, o verão e inverno. No que diz respeito às características fisiográficas, além da baixa altura de 16m de altitude para Macapá, há muitos pequenos corpos de água conhecidos regionalmente como Furos e Igarapés, a qual, associada a uma menor latitude, condicionam a região, um ambiente de clima quente e úmido. E, como a cidade está localizada em sentido equatorial, entre o mar e o continente florestal, possui clima mais diretamente influenciado pela convergência intertropical (CIT), ao qual, de acordo com a sua mudança faz com que os dois momentos climáticos característicos da região, o inverno ser chamado o período mais chuvoso e o "verão" o período menos chuvoso, sendo que para a cidade, há dois meses secos (outubro e novembro), onde ocorre períodos muito longos de estiagem, agravados pela alta temperatura e baixa umidade relativa (TAVARES, 2009).

### 2.3. Aspectos habitacionais

O território urbano é o palco dos acontecimentos da vida humana em agrupamento, e a maior parte desse tempo se transcorre nas edificações destinadas às moradias, e nesse sentido visualizar o entendimento enraizado dessa tipologia com sua mensuração frente aos territórios das cidades e seus variados aspectos integrantes é de necessidade ímpar. Nessa inclinação, Lima (2017) destaca muito bem que compreender a questão habitacional, principalmente no Brasil, inclui refletir acerca da urbanização, devendo considerar os seus aspectos sociais, políticos, econômicos e ideológicos que envolvem este processo, ao longo do tempo. Portanto, identificar as transformações na produção e estruturação do espaço urbano advindas com a urbanização ajuda a desvendar a dinâmica socioespacial das cidades na atualidade. Em função disto, inicialmente alude-se algumas considerações acerca da influência do processo de urbanização na problemática habitacional nacional delineando as diferentes formas de habitar pelo homem, considerando que a urbanização não ocorreu ao mesmo tempo e nem com a mesma intensidade em todos os lugares do mundo, visto que o processo de urbanização iniciou-se primeiramente na Europa.



Lima (2017) destaca também que as políticas habitacionais passaram por diversos momentos ao longo da história, com avanços e retrocessos, concretizando períodos de esvaziamento de programas habitacionais, principalmente aqueles destinados às classes sociais menos privilegiadas do país, e em outros houve uma tentativa de enfrentamento do déficit de forma mais incisiva. Foram criados, em âmbito federal, inúmeros programas e projetos de habitação e implantados em diversas cidades brasileiras, através da construção de vários conjuntos habitacionais. No entanto, os problemas relacionados à falta de moradia ainda não foram totalmente solucionados. Haja vista que a cidade capitalista é excludente, com cenários totalmente diferentes, com classes antagônicas e a habitação insere-se neste contexto com desigualdades, essas se manifesta em diferentes formas, principalmente, na forma de habitar o espaço urbano. Convém ressaltar que o lançamento do Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) pelo governo do ex-presidente Luís Inácio Lula da Silva em março de 2009, cria condições de ampliação do mercado habitacional para o atendimento das famílias com renda de até 10 salários mínimos, gerando novas expectativas para a área da habitação, tanto relacionadas ao número de Unidades de Habitações Sociais - UHS como ao montante do subsídio (LIMA, 2017).

A garantia de acesso à moradia a uma parcela da população considerada de baixa renda é indispensável para atender as necessidades dos grupos sociais mais vulneráveis. Para isso, a elaboração de políticas habitacionais eficazes e contínuas que permitam a inclusão destes indivíduos na cidade e a sua inserção na sociedade são necessárias. Portanto, ainda segundo Lima, o estudo acerca das questões habitacionais se insere em um contexto contemporâneo e relevante para a compreensão dos elementos fundamentais para a produção e reprodução do espaço geográfico. Sendo assim, a problemática habitacional pode ser considerada um dos principais problemas sociais urbanos, sendo tema de diversas discussões e debates acadêmicos.

Em se tratando especificamente do estado do Amapá, segundo IBGE (2015), é possível verificar que ele atualmente possui 191.036 habitações, onde 81,30% são inadequadas<sup>19</sup>, equivalente a 153.373 unidades. Esse percentual fica muito abaixo da média brasileira registrada em 61,7%. No que se refere a moradias adequadas representa 19,70%, equivalente a 37.663 unidades. Com essas informações é possível perceber o alcance de 10 anos de investimentos em ofertas de unidades habitacionais sociais na cidade de Macapá, onde proporcionalmente ao déficit estadual o município teve uma boa assistência, visto que, há um crescimento e declínio, caracterizando um movimento irregular.

#### **2.4. Aspectos de ocupação urbana**

A urbanização trouxe para as cidades problemas relacionados à falta de moradia, à falta de saneamento, à falta de transporte urbano, à falta de coleta de lixo, à falta de espaço para lazer e, por fim à falta de equilíbrio na distribuição das áreas a serem ocupadas. Diante dos inúmeros desafios e da ineficácia dos serviços básicos de atendimento nasce o planejamento urbano com vistas a regular o uso do solo, como também estabelecer a distribuição socioespacial das atividades econômicas, sociais e ambientais (BARBOSA, 2013). Nesse sentido, vemos que a segregação socioespacial está diretamente relacionada com o processo de valorização do espaço, que ocorre de maneira desigual levando em conta os diferentes papéis e articulações realizados pelos agentes produtores do espaço urbano. Santos (2016) destaca que este processo não é apenas um fator de divisão do espaço, mas também revela o próprio controle do espaço urbano, que podem ser categorizado em forma, função, estrutura e processo são essências para o entendimento da

---

<sup>19</sup> As habitações inadequadas referem-se tanto a situações de carência de infraestrutura como de forte adensamento das moradias.

estruturação urbana, pois elas articulam-se na produção do espaço e possibilitam a compreensão da estruturação urbana, que consiste na organização interna da cidade.

Toda essa realidade transborda igualmente no estado do Amapá e principalmente em sua capital, a cidade de Macapá. Como o estado não adotou medidas para efetivar um plano urbanístico na perspectiva de preservar as áreas de fragilidade ambientais (Apropriadas verbalmente como "áreas de ressaca") e reduzir o déficit habitacional de Macapá, a população continua a ocupar esses espaços especiais de forma desordenada e construindo suas residências (palafitas) sobre as águas, sem a infraestrutura adequada para morar. Isso gera uma massa excluída dos serviços públicos que o cidadão tem direito (lazer, habitação, escola, etc.), conforme estabelece o Estatuto da Cidade (BARBOSA, 2013).

No caso do espaço urbano da cidade de Macapá, segundo Barbosa (2013) as contradições estão dentro de um mesmo espaço, através da ocupação das áreas de ressacas e as áreas planejadas no centro da cidade, as quais produzem a desigualdade e a segregação socioespacial. Pode-se também perceber que no centro da cidade há um crescimento vertical enquanto na periferia ocorre um crescimento horizontal, ambos promovendo diversos problemas à cidade, dentre os quais Castells (1983) aponta que a falta de acesso à terra e a habitação aumenta a periferização da população mais pobre. Esse processo está ligado ao uso do solo urbano na economia capitalista, que determina o preço do imóvel, uma vez que os preços estão vinculados a lei de oferta e procura, portanto, sob a lei de mercado. Outro processo essencial para a compreensão da dinâmica urbana de Macapá é a (des)centralização, que revela parte significativa das diferentes formas de produção da cidade, seja pelo reforço da ocupação do centro, a partir do crescimento vertical, por exemplo, seja pela expansão periférica da cidade, diretamente associada a expansão da malha urbana, vinculada a realização e apropriação da renda da terra urbana.

### **3. ANÁLISES DA APROPRIAÇÃO URBANA**

Com objetivo de tentar analisar de forma mais fulgente a apropriação e organização territorial da cidade de Macapá foi realizado vários levantamentos, coordenados pelos autores dentro da Secretaria de Estado do Desenvolvimento das Cidades – SDC pertencente ao grupo de secretárias ligadas ao setor de Infraestrutura do Governo do Estado do Amapá, que notificam a sobreposição de usos, problemas, realidades e veracidades, com intuito de diagnosticar realidades que sirvam de norte para proposições a curto, médio e longo prazo, inclinadas em provisões de melhorias e soluções.

Para realizar tais análises foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento e informações geográficas com o intuito de visualizarmos, com perspectiva aérea o perímetro urbano consolidado de Macapá. Com essas ferramentas cruzou-se diversos dados sobrepondo

camadas de interesse como: perímetro urbano, divisão administrativa municipal e áreas ambientalmente protegidos por lei, que são áreas úmidas (as chamadas áreas de ressacas), com águas superficiais e que em boa parte estão antropizadas pela apropriação de moradias, em sua maioria de caracterização precária e informal.

Nas análises desenvolvidas destacam-se 49 aglomerados subnormais (espaços de baixa qualidade urbana, com pouco acesso a saneamento, coleta de lixo – áreas alagadas ou ressaca, baixadas ou palafitas) que podem ser classificados como áreas antropizadas, que estão distribuídos dentro do perímetro urbano municipal (ver figura 2 destacado na cor verde). Foi possível perceber também que, com base no levantamento realizado, cerca de 6% (529,84 ha) da área urbana está delimitada por aglomerados subnormais.



Figura 2: Mapa completo com todas as informações levantadas.

Fonte: Desenvolvido pelo autor e adaptado de SDC, 2017.

Ajustando as lentes, destacam-se também 10 conjuntos habitacionais que fazem parte da política de provisão de habitações de interesse social construídos ao longo desse período de análise temporal de quase 10 anos (2007-2016), onde estão distribuídas pelo perímetro urbano (destacado também na figura 2 em vermelho). Extrapolando a análise para além do perímetro urbano consolidado de Macapá é possível também visualizar o crescimento populacional e o aparecimento de mais focos de ocupações subnormais em áreas úmidas. Nesse sentido ecoa que grande parte do território macapaense é permeado por águas superficiais dentro e fora do perímetro entendido como urbano, porém sua abrangência de proteção legal se expande para a região metropolitana. É importante salientar que a distribuição das 49 áreas subnormais se sobrepõem sempre com áreas úmidas, evidenciando o uso e apropriação por parte das pessoas em fincar vínculo de moradia de forma informal e precária sempre nesses locais, seja por suas localizações no território ou seja pela sua fragilidade encontrada na real proteção legal.

#### 4. ANÁLISES DA CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E HABITAÇÃO

As cidades brasileiras são marcadas por graves problemas urbanos, que atingem desigualmente os distintos grupos sociais e por uma forte segregação socioespacial, as oportunidades das pessoas em termos do acesso a uma vida de qualidade depende do lugar que elas ocupam no território. Muito embora a função social da cidade e a função social da propriedade urbana estejam asseguradas na constituição federal brasileira e no estatuto das cidades, estes princípios estão longe de serem efetivados e de se tornarem realidade na grande maioria dos municípios, se agravando fortemente nas cidades localizadas na região norte.

Analisar a produção do espaço urbano de qualquer cidade é algo muito complexo, especialmente na Amazônia, onde a fronteira já nasceu urbana (BECKER, 1990). Portanto, é necessário levar em consideração a presença da região na cidade e da cidade na região, ou seja, a articulação entre estas escalas na produção do espaço. Nesse sentido analisar a fundo as complexidades, já citadas no início desse trabalho por Rossi, faz com que o território e sua apropriação pelo humano, através da falta clara de planejamento, presente

ao olhar mais minucioso a realidade que poucos querem ver ou que seja visto. Assim sendo, é permeável que as ocupações das áreas de subnormais (ressacas) reflitam a extrema dificuldade em planejar o urbano e a inoperância em fiscalizar, inibir tais ocupações são ainda mais preocupantes.

É fato que no estado do Amapá, nos últimos dez anos, captou recursos volumosos para a diminuição do déficit habitacional, algo próximo a 8000 moradias entregues à população e mais 2000 ainda em construção, somente na capital. No entanto, a construção desses empreendimentos não conseguiu diminuir ou mesmo conter a ocupação das favelas horizontais. Entretanto, os dados mostram que o estado, dentre os estados da região norte, é um dos que possui maior população vivendo nas cidades, aproximadamente 90% da população. Segundo o censo 2010 o estado possuía uma população 474.706 habitantes com densidade populacional 4,69 hab/km<sup>2</sup>, quando visualizamos a capital Macapá, onde há maior oferta de serviços públicos a densidade populacional sobre para impressionantes 62,4 hab/km<sup>2</sup>. Esse adensamento é um dos motivos pelos quais o aparecimento e crescimento das moradias em aglomerados subnormais se fortalecem. Nesse sentido, a ocupação dessas áreas de fragilidade ambiental já se tornaram marcas no perfil espacial da cidade, fato que não se resume somente a capital.

O Amapá nos últimos oito anos vem passando por transformações significativas no contexto fundiário, a muito se discutia a possibilidade de promover a sua regularização com o intuito de fixar, através da segurança jurídica, suas populações no campo. Entretanto, isso não vem acontecendo, a busca por áreas para a produção agrícola aliada a força do capital vem promovendo uma grande desterritorialização dessas comunidades que buscaram a cidade.

A falta de instrução e pouco aporte financeiro promovem um direcionamento certo desses migrantes que fatalmente se deslocam para as áreas de ressaca. A ocupação desenfreada desses sítios além de promoverem desequilíbrios para o serviço público, por falta de informações mais precisas, provocam grandes prejuízos ambientais. A diminuição das áreas verdes são uma das consequências, a perda desses espaços interfere no microclima da cidade. Nesse sentido pode ser destacado outro fator de grande gravidade que é a poluição desses reservatórios hídricos, alguns sobre influências diretas de canais que despejam esses recursos nos rios.

No ano de 2004 foi editada a lei estadual n°. 835, que dispõe sobre ocupação urbana e periurbana, reordenamento territorial, uso econômico e gestão ambiental das áreas de ressaca e várzea que indica a obrigação do estado juntamente com os municípios em promoverem estudos para a elaboração do Zoneamento Ecológico Econômico Urbano - ZEEU das áreas de ressaca de Macapá e Santana (Cidade vizinha), esse foi o primeiro passo para analisar a ocupação dessas áreas. Contudo, mesmo constante na citada lei, conforme parágrafo segundo, o crescimento e até mesmo a ocupação de novas áreas de ressaca nos dois municípios puderam ser percebidas, mesmo após 14 anos de sua publicação, não foi possível identificar ações contundentes que possa refletir na melhoria habitacional e ambiental dessas localidades. De 2004 até 2012 pouco ou nada foi feito buscando melhora efetiva desse quadro, não há planejamento relativo a essa situação que

proponha soluções para um horizonte temporal razoável, visto que no ano de 2012 foi divulgado o relatório técnico do zoneamento ecológico econômico urbano das áreas de ressaca de Macapá e Santana, publicado pelo Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA, e seu resultado prático demonstrou que essas ações foram poucas e com resultados inertes. Com base nesses resultados limitados de avanço social e ambiental urbano, fica nítido cada vez mais o grande desafio à porta que é a questão urbana, ou melhor, a necessidade latente de uma reforma urbana. Pensando em diagnosticar esses problemas, levantou-se neste trabalho a permeabilidade relativas a questão de uso e ocupação do solo urbano de Macapá e seus reflexos no morar.



Seguindo o contexto aclarado, para lograr pleno êxito nessa investigação foi utilizado nos levantamentos aplicativos interativos com impressões de condicionantes de pesquisa focais, como no caso os 49 aglomerados subnormais, aplicada ao território urbano. Com isso formatou-se, como proposta, um mapa interativo da distribuição espacial de todos os aglomerados subnormais da cidade (ver figura 3) baseado no uso de software livre, onde ficariam disponibilizadas as informações online, ou até mesmo off-line, facilitando a gestão territorial do município podendo ser ajustados à outros municípios menores do estado que tenham problemas de acesso a rede, ou contribuindo como ferramenta para outros trabalhos/pesquisa da mesma temática.



Figura 3: mapa interativo da distribuição espacial de aglomerados na área urbana de Macapá baseado em software livre.

Fonte: Desenvolvido pelo autor e adaptado de SDC, 2017.

O uso desse programa facilitou o entendimento e diagnóstico dos estudos aqui apresentados, que teve como principal premissa subsidiar a implementação do programa estadual de integração habitacional para ocupação de espaços vazios, áreas abandonadas ou degradadas e evadir assentamentos ilegais/proliferação da precarização da moradia e prover a qualificação de desses espaços através da reforma urbana, transformando assim a arquitetura e a cidade.

O ponto de partida para exemplificar tais análises teve início na escolha de zonas dentro do perímetro urbano de Macapá de características similares e visualizar o uso e ocupação em um intervalo de tempo, com base nos levantamentos de cartografia realizados pelo Exército brasileiro, produto correspondente ao recobrimento aerofotogramétrico contratado pelo Governo do Estado para a produção da Base Cartografia Continua do Amapá, cruzando com informações complementares de imagens disponível no Google Earth.

Para exemplificar as nossas análises toma-se como base um aglomerado subnormal localizado na zona sul de Macapá, área conhecida como Araxá/Aturiá (trecho no bairro do



Araxá e Aturiá - bairros congruentes, ver figura 4). Esta e outras áreas sintetizam os problemas ambientais que a cidade vem enfrentando principalmente quando se trata de ocupação de áreas ambientalmente protegidas. A referida área apresenta similaridade com outras áreas ocupadas na cidade, possui grande adensamento populacional em áreas úmidas, habitações precárias, falta de saneamento, conexão com rios, córregos ou igarapés e principalmente, ausência impositiva de boas políticas públicas urbanas. Esta área chegou a ser previamente selecionada para receber obras voltadas à moradia, contudo após análise criteriosa ela foi descartada por não atender requisitos básicos. Após ser retirada do projeto a área começou a ser ocupada de forma irregular se transformando em mais uma área sem infraestrutura e qualidade para desempenhar tal finalidade.



Figura 4: Perímetro, estágio e projeção de uso e ocupação para o ano de 2015.

Fonte: Desenvolvido pelo autor e adaptado de SDC, 2017.

Na figura 4, que comprova o processo de ocupação já mencionado, realizou-se um recorte temporal que se estende entre os anos de 2003 a 2015, traçando-se um perímetro delimitando seu estágio de uso e ocupação para os anos de interesse, sendo visível na imagem, e conseqüentemente na imagem 03, numa escala mais aproximada, a mesma área já ocupada através da realização um salto de 12 anos. A mesma metodologia comparativa é aplicada na figura 5 onde ficam claras as delimitações de ocupação temporal.



Figura 5: Perímetro e estágio de uso e ocupação para o ano de 2017.

Fonte: Desenvolvido pelo autor e adaptado de SDC, 2017.

Finalizando os parâmetros de análises apresenta-se outro trecho atendido por obras habitacionais que fazem limites com áreas úmidas, a área em questão era utilizada para abrigar uma usina asfáltica e que por falta de fiscalização a área foi ocupada informalmente.



**Figura 6:** Comparação temporal de uso e ocupação no bairro Novo Buritizal (2015 e 2017).

**Fonte:** Adaptado pelo autor de *Google Earth* e de SDC, 2017.

Observando a figura 6, é possível identificar a construção do conjunto habitacional Açucena, construído para 1500 unidades de moradias, foi entregue no início de 2018, todavia o contraste visual é evidente, pois o entorno do empreendimento, que é composto em grande parte por moradia localizadas em áreas de ressaca, não foi contemplado com obras urbanas ou que pudessem promover sua integração espacial. Mais uma vez, é possível perceber o quão está desalinhado (no tempo e no espaço) o planejamento urbano das propostas de intervenção (gerais e específicas), principalmente as que estão direcionadas para habitação.

#### 4.1. Moradia e a função social urbana

É preciso lutar por cidades verdadeiramente justas, inclusivas e democráticas, com condições de vida digna a todas e todos, que cumpra a função social e de propriedade – um direito fundamental previsto na constituição brasileira. Planejar as cidades e prover moradias com infraestrutura apropriada e participativa é atualmente o maior desafio de nossas gestões urbanas. Porém, as cidades brasileiras são marcadas por graves problemas, que atingem desigualmente os distintos grupos sociais, e por reporta uma forte segregação socioespacial. A oportunidade das pessoas, em termo de acesso a uma vida de qualidade, depende do lugar que elas ocupam.



Figura 7: foto aérea destacando o contraste entre a oferta de moradia e a realidade do entorno.

**Fonte:** Adaptado pelo autor de SDC, 2017.

Esses problemas levantados, observando a figura 7, percebe-se que mesmo com provisões numéricas de unidades habitacionais não se soluciona o problema do controle urbano informal, que não logra plenitude na função social do território e prover investimentos plenos de ofertas de habitações que poderiam e deveriam solucionar tais problemas em escala menor.

PROJETOS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO DE MACAPÁ									
ITEM	NOME DO EMPREENDIMENTO	RECURSO TOTAL	UNIDADES HABITACIONAIS		PROGRAMA	ORIGEM DO RECURSO	SITUAÇÃO ATUAL	PERÍODO	
			EXECUTADAS	A EXECUTAR				INÍCIO	ENTREGA
1	VITÓRIA REGIA	R\$ 4.676.650,00	160		PAC	OGU	ENTREGUE		2007
2	MUCAJÁ	R\$ 28.000.000,00	592		FNHIS	OGU	ENTREGUE		2011
3	MACAPABA I	R\$ 130.036.588,20	2148		PMCMV	OGU	ENTREGUE		2014
4	MACAPABA II	R\$ 132.174.580,80		2118	PMCMV	OGU	SELEÇÃO DE BENEFICIÁRIOS		2017
5	CONGOS	R\$ 16.877.103,10		280	PAC	OGU	FASE DE REPROGRAMAÇÃO	2007	EM ANDAMENTO
6	ARAXÁ	R\$ 20.376.004,10		240	FNHIS	OGU	FASE DE REPROGRAMAÇÃO	2007	EM ANDAMENTO
7	ATURIA	R\$ 21.056.900,42		272	PAC	OGU	FASE DE REPROGRAMAÇÃO	2007	EM ANDAMENTO
8	AÇUCENA	R\$ 91.000.000,00	1500		PMCMV	OGU	EM CONSTRUÇÃO	2014	2018
9	MESTRE OSCAR SANTOS	R\$ 20.590.000,00	528		PMCMV	OGU	ENTREGUE	2009	2013
10	RESIDENCIAL SÃO JOSÉ	R\$ 89.000.000,00	1440		FNHIS	OGU	ENTREGUE	2013	2016
<b>TOTAL GERAL:</b>		<b>R\$ 553.787.826,62</b>	<b>6368</b>	<b>2910</b>	<b>INVESTIMENTOS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE MACAPÁ</b>				
<b>TOTAL DE UNIDADES PROVIDAS</b>			<b>9278</b>						

Quadro 01: Provisão de habitação de Interesse social para a Cidade de Macapá em horizonte de investimento de 11 anos. Fonte: Adaptado pelo autor de SDC, 2017.

No quadro 01 em destaque percebe-se o literal contraditório em relação ao binômio: provisão x resultados. Como se verifica nas figuras 2 e 3 onde consta a inserção de unidades habitacionais de interesse social e a realidade da expansão informal de moradias de qualidade precárias no entorno, ou até mesmo nos 49 aglomerados subnormais, citados, existentes na cidade. Portanto, o quadro 01 mostra para os gestores urbanos que, mesmo ofertando quase 10 mil moradias no período de 11 anos (intervalo em que houve esses tipos de investimentos na cidade) e aportando um montante de R\$ 553.787.826,62 de reais (cerca de € 125.876.400,00 de euros), não houve êxito em diminuir/eliminar nenhuma invasão em áreas de ressacas (aglomerados subnormais), ao contrário, durante esse tempo o número aumentou consideravelmente e demonstra com isso que esse modelo amplamente aplicado de gerar ofertas de habitação não logrou êxitos e sim, talvez, uma sensação de que provendo número de unidades de moradias estaríamos solucionando um problema da cidade, sem esquecer que tudo está vivamente interligado e que repercute na configuração urbana de Macapá e no modo de vida das pessoas. Nesse contexto, dar respostas positivas para essas demandas, principalmente a menos favorecida, é preciso implantar uma grande reforma urbana, com foco principal em prover, entre outros: - Espaços para mediar conflitos pela posse da terra que envolva além do poder judiciário, as instâncias de governo que devem garantir e promover o direito à moradia; - Políticas de regularização fundiária para regularizar as posses, promover a urbanização dos assentamentos e integrar as famílias à cidade; - Políticas de mobilidade para democratizar o transporte público e ofertar serviços de transporte público de qualidade; - Políticas de saneamento básico que garanta o acesso universal à água, o tratamento do esgoto e o destino adequado do lixo de modo a proteger e preservar o meio ambiente e a saúde da população.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Rossi (2001) citava que desenvolvimento urbano se correlata em sentido temporal, onde pode-se analisar que os estudos sobre as cidades devem, além de perceber as complexidades, vincular sua evolução de uso e ocupação temporalmente, realizando assim decomposições territoriais conclusivas do comportamento presentes entre as peças livres (humanos) e o espaço neutro (território). Contudo, ver a cidade real desta maneira é o grande desafio, e talvez sempre foi, por isso seja importante levantar de forma difundida que



o estado (agente administrador do território) necessita retomar o seu papel principal como modelador do espaço urbano, buscando alcançar o melhor equilíbrio entre os fatores ambientais, sociais, urbanos e econômicos, sendo necessário para isso fomentar sempre pesquisas que logram contribuir para essa busca, que passa por várias escalas de ações, como políticas seguras de mobilidade, saneamento, regularização fundiária do solo urbano, entre outras. Entretanto, para entender melhor essas problemáticas em Macapá faz-se necessário ampliar esse estudo analisando todos os 49 aglomerados subnormais registrados/identificados no perímetro urbano, e com isso fazer um diagnóstico bem detalhado dos usos e ocupações específicas para subsidiar futuras intervenções e planejamentos, onde fique constatado que a provisão de novas moradias sociais em áreas adjacentes subnormais logrem sanar a demanda de melhoria do habitar.

Avistar nitidamente a cidade real é um dos maiores desafios para os territórios urbanos complexos e desiguais. Nesse sentido é preciso ter e inserir outras políticas, inclusive políticas que entendam a dimensão social da moradia e a moradia como um direito humano. Voltar a ter políticas habitacionais locais, prover políticas de locação social, políticas de urbanização de assentamentos, integração desses assentamentos à cidade, políticas de autogestão, cooperativas, fortalecimento das formas não mercantis de produção habitacional e de assistência técnica para a autoconstrução, pois a solução não é uma solução, mas são muitas e por isso devemos pensar o hoje para fazer o amanhã (ROLNIK, 2011). Por fim, visualizar-se que a ausência dessas e outras ações concretas, rígidas e planejadas sejam implantadas, corre-se o risco de haver, num futuro não muito distante, a existência de duas cidades fisicamente separadas, classificadas em informal e formal, o território dos menos favorecidos (principalmente estruturados pelos sem renda comprovada) e o dos mais favorecidos (formados principalmente pela classe média).

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, Raimundo Gomes. *Planejamento urbano e segregação socioespacial na cidade de Macapá*. Revista Eletrônica de UNIFAP, n.6, p. 135-148. Macapá, Amapá, dez. 2013.
- Becker, B. K. *Amazônia*. 5ª. São Paulo: Ed. Ática, 1990.
- Castells, Manuel (1983), *La ciudad y las masas*. Sociología de los movimientos sociales urbanos. Madrid: Alianza.
- Lima, L. O.; AURELIO NETO, O. P. *A Questão habitacional no Brasil*. Mercator, Fortaleza, 2017.
- Lobato, Sidney da Silva,. *A cidade dos trabalhadores: insegurança estrutural e táticas de sobrevivência em Macapá (1944 – 1994)*. Tese de doutorado, USP. São Paulo-SP, 2013.
- Marin, R. E. A.. *Agricultura no delta do rio Amazonas: colonos produtores de alimentos em Macapá no período colonial*. Novos Cadernos NAEA. Belém-PA, v.8, n.1, p.73-114, jun. 1995.
- Picanço, Estácio Vidal. *Informações Sobre a História do Amapá; 1500 – 1900*. Macapá, Imprensa Oficial, 1981.
- Rolnik, R. *Solo urbano e habitação de interesse social: A questão fundiária na política habitacional e urbana do país*. Revista de Direito da ADVOCEF. Porto Alegre, 2011, p.123-157.
- Rossi, Aldo – *A Arquitectura da Cidade*. Trad. José Charters Monteiro. Lisboa: Edições Cosmos, 2001. (Versão Original: *L'Architettura della Città*.1966).
- Santos, Romário Valente, (RE)*Estruturação e formação do aglomerado urbano de Macapá e Santana na Amazônia Setentrional Amapaense*. Dissertação de Mestrado, UNIFAP, Macapá, 2016.
- Secretaria de Desenvolvimento das Cidades – SDC, *Governo do Estado do AMAPÁ, Diagnóstico para os Estudos de Reabilitação Urbana do Plano de Ação do bairro Perpétuo Socorro, Macapá, 2017*.

# A RESILIÊNCIA COMO FATOR DE GESTÃO URBANA: ESTUDO DE CASO DO PLANO MUNICIPAL DE DRENAGEM URBANA DE PORTO ALEGRE, RS, BRASIL

Thais Helena Prado Corrêa ([thaisthp@gmail.com](mailto:thaisthp@gmail.com)); Bernardo Arantes do Nascimento  
Teixeira ([bernardo@ufscar.br](mailto:bernardo@ufscar.br))

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Urbana (PPGEU) - Brazil

**Palavras chave:** resiliência, drenagem urbana, mudanças climáticas

*Embora necessário, o planejamento urbano relacionado aos recursos hídricos não é uma realidade óbvia, à medida que o mundo se torna mais urbanizado, novas e crescentes pressões sobre o ciclo hidrológico urbano estão surgindo. Muitas cidades em todo o mundo enfrentam riscos climáticos crescentes com possibilidade de inundações e pressões no abastecimento de água, portanto, a partir do plano de drenagem urbana é possível estabelecer princípios de planejamento integrado de infraestrutura urbana, encontrando melhores soluções para o sistema de drenagem, e conseqüentemente, tornando a cidade mais resiliente. O objetivo deste estudo foi analisar o Plano Municipal de Drenagem Urbana de Porto Alegre-RS (PMDU-PA), cidade inscrita na campanha do Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres (UNISDR) “Construindo Cidades Resilientes: minha cidade está se preparando”, procurando avaliar se os aspectos relacionados à resiliência e às mudanças climáticas foram abordados direta ou indiretamente no referido plano. Para tanto, foi realizado um levantamento bibliográfico, sistematizando os aspectos que devem ser considerados para efeito de uma abordagem da resiliência associada ao manejo das águas pluviais. Como resultado, estabeleceram-se variáveis que passaram a ser consideradas para a avaliação pretendida. Em seguida, o texto do PMDU foi analisado, tendo como referência as variáveis anteriormente propostas, de modo a se identificar a presença ou ausência dos aspectos de resiliência e mudanças climáticas. Observou-se que algumas das variáveis estabelecidas foram abordadas no PMDU-PA, embora o conceito de Resiliência urbana não tenha sido diretamente focado, portanto é necessário que o PMDU seja revisado para se desenvolva uma nova abordagem com foco na resiliência e mudanças climáticas.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Banco Mundial (2010), existe um crescente reconhecimento global da necessidade de adaptar o planejamento, o desenvolvimento e as práticas de gestão para condições climáticas futuras. Embora as condições locais variem, muitas cidades em todo o mundo estão enfrentando riscos climáticos crescentes, com maior probabilidade de inundações, secas, pressões no abastecimento de água e temperaturas mais altas (ROSENZWEIG *et al.*, 2011).

A mudança climática, definida pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), refere-se a qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana (IPCC, 2012). Apesar da polêmica em torno das causas do aquecimento global, o IPCC deixa evidente a contribuição antropogênica e a influência humana na mudança climática (SOLOMON *et al.*, 2007), uma vez que as mudanças observadas são pouco prováveis de serem decorrentes da própria variabilidade climática (MARENGO, 2007).



O IPCC também dá destaque à questão urbana, especialmente em seu quinto relatório, no qual um capítulo inteiro, tratando exclusivamente de áreas urbanas, foi incluído no relatório do segundo grupo de trabalho, que trata de impactos, vulnerabilidade e adaptação às mudanças do clima (REVI *et al.*, 2014). Segundo Braga (2012) é possível que exista uma relação estreita entre urbanização, planejamento urbano e mudanças climáticas e o princípio de que a maneira de como se estruturam as cidades também exerce influência quanto à vulnerabilidade aos impactos dessas mudanças. Assim, o planejamento urbano para formas e estruturas urbanas mais resilientes é fundamental para a mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.

Mediante tais demandas o Escritório das Nações Unidas para Redução do Risco de Desastres (UNISDR) desde 2010 vem desenvolvendo em nível global a campanha “Construindo Cidades Resilientes: minha cidade está se preparando” que objetiva estimular governos locais a investirem no aumento da resiliência por meio da adoção de um conjunto de dez passos essenciais a serem implantados por prefeitos e gestores públicos, contribuindo para o desenvolvimento local sustentável de maneira organizada e consciente (UNISDR, 2012).

No Brasil, a campanha foi implementada por iniciativa da Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec), do Ministério da Integração Nacional (MI) a partir de 2011 e se destina a qualquer município brasileiro interessado. Segundo dados de 2018 da UNISDR o Brasil é o País com maior adesão a campanha, com mais de 1000 municípios inscritos, sendo que a maioria situa-se no Estado de São Paulo (UNISDR, 2012).

Os impactos que ocorrem na drenagem urbana são consequência direta das práticas de uso do solo e da forma pela qual a infraestrutura urbana é planejada, legislada e implementada. A ocupação desordenada do solo e a falta de eficiência de serviços urbanos essenciais são problemas recorrentes nas cidades brasileiras, ademais, os problemas de drenagem urbana podem ser ampliados pela implementação de projetos de drenagem urbana inadequados (PELLEGRINI *et al.*, 2012).

Diante de tal cenário, a resiliência urbana surge como a capacidade que uma cidade tem de resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se da exposição às ameaças, produzindo efeitos de maneira oportuna e eficiente, o que inclui a preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas, portanto é uma nova forma de pensarmos as configurações das cidades, permitindo que o ecossistema urbano abranja todos os processos que sustentam os recursos naturais e humanos, tais como: processos culturais, fluxos de capital, pessoas e bens, além dos fluxos de água, ar, nutrientes e poluentes.

Klug *et al.* (2016), afirmam que as políticas de desenvolvimento urbano podem estar entre os meios mais efetivos de adaptação à mudança do clima, sobretudo por intermédio de uma abordagem sistêmica que trata de problemas atuais, ao mesmo tempo em que antecipa problemas futuros. Portanto, instrumentos de gestão como os planos de drenagem urbana, são de grande importância tanto na perspectiva da mitigação quanto da adaptação para a construção de cidades resilientes, uma vez que tais planos formam um conjunto de medidas que tem por objetivo minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas, diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e sustentável (TUCCI, 2014).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é uma importante ferramenta com a qual as comunidades podem avaliar e dar prioridades a problemas e necessidades potenciais presentes e futuras, além de considerar as alternativas de gerenciamento da drenagem o PMDU pode estabelecer ações a curto, médio e longo prazo no sentido de reabilitar o sistema de drenagem existente, ampliar a cobertura do serviço, bem como aumentar sua

eficiência, através da implantação de novas unidades operacionais e ações não estruturais, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população (PELLEGRINI *et al*, 2012).

Assim, estratégias e políticas públicas podem ser desenvolvidas para atender cada aspecto como parte de uma visão global para construir cidades de todos os tamanhos e perfis mais resilientes e habitáveis. Essas estratégias e políticas públicas são fortalecidas pelo reconhecimento do papel central que o município possui na construção da segurança hídrica local, atuando por meio de políticas municipais nas áreas de saneamento, saúde, meio ambiente, uso do solo e prevenção de desastres garantindo uma cidade resiliente para sociedade e para os recursos naturais.

Portanto, a elaboração de um Plano Municipal de Drenagem Urbana (PMDU), além de ser uma obrigação legal (BRASIL, 2007), permite que o município estabeleça princípios de planejamento integrado de infraestrutura urbana, encontrando melhores soluções para o sistema de drenagem, e conseqüentemente, tornando a cidade mais resiliente e desenvolvendo novas pautas para repensar e redesenhar os modelos de políticas urbanas, de modo que os mesmos sejam capazes de resistir a choques e a tensões naturais ou não (MARQUES *et al*. 2015).

## **2. OBJETIVOS**

Uma vez que Porto Alegre está inscrita na campanha “Construindo Cidades Resilientes: minha cidade está se preparando” (UNISDR, 2012), este trabalho tem por objetivo avaliar como o conceito de resiliência foi abordado no PMDU da cidade de Porto Alegre-RS (PMDU-PA), estabelecido pelo Decreto nº 14.786 e seu Manual de Drenagem Urbana buscando identificar a presença direta ou indireta de princípios e diretrizes relacionados à resiliência e as mudanças climáticas.

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1. Caracterização da área de estudo**

A cidade de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, localiza-se na região Sul do Brasil (Figura 1), tem aproximadamente 1.409.000 habitantes, área de 496,6 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 2.837, 5 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2011).

Porto Alegre possui 27 bacias hidrográficas (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2011). Os principais rios afluentes formadores do Lago Guaíba são os rios Jacuí, Caí, dos Sinos, Gravataí, e Arroio Dilúvio (ICLEI, 2010).

De acordo com Bemfica (2003), assim como em outras metrópoles brasileiras, Porto Alegre passa por uma transformação constante do aumento da mancha urbana nas quais grandes áreas que apresentavam características rurais estão passando por processo de urbanização. Essa urbanização acelerada aumenta consideravelmente o escoamento de águas pluviais, sobrecarregando o sistema de drenagem implantado na cidade de Porto Alegre e, conseqüentemente, os alagamentos que ocorrem frequentemente em pontos críticos do sistema de drenagem resultam em sérios transtornos à população, com grandes perdas materiais e até de vidas humanas.



Figura 1. Localização da cidade de Porto Alegre.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Porto Alegre (PDDUA) é produto de uma ampla discussão desencadeada, a partir de 1993, porém só em 1999 o texto final foi aprovado sendo que em 2010 o Plano Diretor foi alterado através da Lei complementar nº 646. Em 2004 foi regulamentado o controle da drenagem urbana através do Decreto nº 14.786 que dentre outras providências estabelece as diretrizes dos projetos para redes e equipamentos de drenagem pluvial urbana e diretrizes técnicas e métodos de avaliações quantitativas e qualitativas dos serviços necessários para a implantação, fiscalização e conservação das redes de drenagem pluvial urbana. Em 2005 Porto Alegre elaborou o Manual de Drenagem Urbana, um produto componente do PMDU-PA que orienta a implementação dos projetos de drenagem na cidade e tem por objetivo direcionar as novas condutas dos profissionais que atuam na drenagem urbana e no planejamento de obras na cidade contribuindo para a redução das inundações e para a melhora da qualidade ambiental de Porto Alegre.

#### 4. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA

Para atingir o objetivo pretendido, inicialmente, a partir de um levantamento bibliográfico procurou-se sistematizar quais aspectos deveriam ser considerados para efeito de uma abordagem da resiliência associada ao manejo das águas pluviais.

A literatura com base resiliência enfatizando os recursos hídricos apresenta alguns temas relevantes para uma abordagem voltada à garantia da segurança hídrica, que podem ser agrupados conforme se segue (CORRÊA, TEIXEIRA, 2018; FARHAD, 2012; BRASIL, 1997): 1) abastecimento de água com qualidade e quantidade; 2) controle da poluição dos corpos hídricos; 3) prevenção e mitigação de impactos associadas à água; 4) manejo eficiente das águas pluviais, em termos estruturais e não estruturais; 5) transparência no fornecimento de informações à sociedade e, 6) participação social. Como resultado, foram adotadas variáveis que passaram a ser consideradas para a avaliação pretendida, principalmente as estabelecidas por Corrêa e Teixeira (2018).

Tendo como referência estas variáveis, em seguida, o conteúdo do PMDU-PA e o Manual de Drenagem Urbana foram analisados. Esta análise considerou tanto uma abordagem

direta (aspectos que foram incluídos explicitamente no PMDU-PA tendo como motivação a busca da resiliência ou a preocupação com as mudanças climáticas), quanto uma abordagem indireta (aspectos que, mesmo sem referência direta à resiliência ou às mudanças climáticas, atendem às variáveis associadas às mesmas).

Como resultado, foram adotadas variáveis que passaram a ser consideradas para a avaliação pretendida, principalmente as estabelecidas por Corrêa e Teixeira (2018), considerando especificamente a questão da drenagem urbana das águas pluviais. As variáveis apresentadas a seguir, foram inseridas em três grupos: quantidade de água, qualidade de água, gestão e participação.

Com relação à quantidade de água, foram consideradas as seguintes variáveis: 1) demandas e usos da água; 2) disponibilidade de água; 3) escoamento superficial da água; 4) escoamento subterrâneo; 5) infiltração da água; 6) regime do curso da água e 7) balanço hídrico. Tendo como referência a qualidade da água, têm-se as seguintes variáveis: 1) poluição das águas pluviais por mistura com esgotos sanitários (ligações cruzadas); 2) poluição das águas pluviais em decorrência da lavagem das superfícies do meio urbano; 3) lançamento de resíduos sólidos diretamente nos corpos hídricos e 4) arraste de resíduos sólidos pelas águas pluviais. Finalmente, as variáveis relacionadas à gestão e à participação no manejo das águas pluviais são: 1) leis municipais para gestão das águas pluviais; 2) participação social e 3) projetos sociais.

## 5. RESULTADOS

Porto Alegre, como a maioria das capitais brasileiras, apresenta sistemas de drenagem associados às bacias hidrográficas ocupadas pela urbanização e devido à ausência de planejamento prévio em áreas de risco, modificações nos canais naturais como barragens, travessias e canalizações a ocupação da área urbana ocorreu de forma descontínua e fragmentada incidindo em sérios problemas de drenagem e enchentes. Além da falta de planejamento, Oliveira e Montañó (2010) afirmam que as condições de infraestrutura relativas aos sistemas de drenagem urbana, de esgoto e de abastecimento de água são mais críticas nas áreas periféricas e os fenômenos de enchentes e inundações nas regiões centrais ocorrem principalmente pelas inadequadas dimensões dos canais e que drenam os córregos e pela limitada infraestrutura de drenagem.

Após uma análise do PDMU-PA juntamente com seu Manual de Drenagem Urbana, nota-se ambos têm como escopo principal estabelecer diretrizes básicas para os projetos de micro e macrodrenagem urbana e orientar os profissionais que atuam nas áreas de planejamento de projetos de drenagem urbana, planejamento e controle do uso do solo, como também projeto, análise e aprovação de novos empreendimentos. O PDMU-PA e o Manual também apresentam metodologias de dimensionamento das estruturas de micro e macrodrenagem e considerações para desenvolvimento de projetos. As metodologias e instruções para elaboração de projetos de sistemas de macrodrenagem são tratadas de maneira geral.

Apresentam-se na Tabela 1 de forma resumida, as variáveis que podem ser associadas à resiliência e que foram identificadas no PMDU-PA, que serão detalhadas na sequência.

**Tabela 1.** Resumo das variáveis do PMDU-PA associadas à resiliência.

	Variáveis	Abordagem
Com relação à quantidade de água	Demandas e usos da água	N
	Disponibilidade de água	N
	Escoamento superficial da água	AD
	Escoamento subterrâneo	AI

	Infiltração da água	AD
	Regime do curso da água e Balanço Hídrico	N
Com relação à qualidade da água	Poluição das águas pluviais por mistura com esgotos sanitários (ligações cruzadas) e Poluição das águas pluviais em decorrência da lavagem das superfícies do meio urbano	AD
	Lançamento de resíduos sólidos diretamente nos corpos hídricos e arraste de resíduos sólidos pelas águas pluviais	AI
Com relação à gestão e à participação no manejo das águas pluviais	Leis municipais para gestão das águas pluviais	AD
	Participação social e Projetos sociais	I

AD- Aborda diretamente | AI- Aborda indiretamente | N- Não Aborda

Como mostra o Quadro 1, o PMDU-PA não menciona em seus documentos as variáveis relacionadas as demandas e usos da água, disponibilidade de água e regime do curso da água e balanço hídrico. As variáveis que são abordadas diretamente no PMDU- PA, são as variáveis referentes à quantidade e qualidade da água e a gestão e participação no manejo das águas pluviais.

Verificou-se que com relação a variável quantidade de água, o PMDU-PA sugere que o escoamento superficial da água previsto no Manual de Drenagem Urbana seja controlado na fonte por meio de dispositivos de redução do escoamento superficial como valos de infiltração com e sem drenagem, poços de infiltração e pavimentos permeáveis. Para que ocorra escoamento subterrâneo e infiltração da água é sugerido pelo PMDU e pelo Manual de drenagem que seja recuperada a infiltração natural e a retenção ou detenção das águas pluviais por meio reservatórios de detenção, implantados em diversos pontos da cidade. E em projeto da urbanização de uma área, a preservação da infiltração da precipitação permite manter condições mais próximas possíveis das condições naturais (DEP, 2005).

A respeito das variáveis relacionadas à qualidade da água, a poluição das águas pluviais por mistura com esgotos sanitários (ligações cruzadas) e poluição das águas pluviais em decorrência da lavagem das superfícies do meio urbano são mencionados diretamente no manual de drenagem urbana no qual é mencionado o perigo da contaminação das águas pluviais e as consequências desta poluição, São sugeridos dispositivos de infiltração e percolação como poços de Infiltração, trincheiras de infiltração e bacias de percolação para que atuem na redução do escoamento superficial e amortecimento. A variável lançamento de resíduos sólidos diretamente nos corpos hídricos e arraste de resíduos sólidos pelas águas pluviais é mencionada tanto no PMDU quanto no Manual de Drenagem de forma indireta onde é elucidada a necessidade da construção de reservatórios de detenção que contribuam para a redução dos impactos das inundações urbanas bem como reduzam a poluição difusa.

Sobre a variável leis municipais para gestão das águas pluviais, o Manual de Drenagem Urbana descreve que o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental da cidade de Porto Alegre (PDDUA) prevê na legislação alguns instrumentos importantes para a drenagem urbana como o artigo 65 do PDDUA onde estão previstos condicionantes que controlem a contaminação das águas, não alterem a absorção do solo e não tenha risco de inundação; o artigo 97 estabelece que nas zonas identificadas como problemáticas deverão ser construídos reservatórios de detenção pluvial; o artigo 135 nos parágrafos 3º e 6º definem que os novos empreendimentos devem manter as condições hidrológicas originais da bacia, através de amortecimento da vazão pluvial; o artigo 136 restringe o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundação, antes de tomadas as providências



para assegurar o escoamento das águas e proteção contra as cheias e inundações; o artigo 137 reserva área para os equipamentos urbanos, entre os quais equipamentos relacionados a drenagem urbana (DEP, 2005). Além dos artigos mencionados, em 2014 foi elaborado o Decreto Municipal nº 18.611 que regulamenta o controle da drenagem urbana no qual os princípios baseiam-se no controle na fonte do escoamento pluvial, através do uso de dispositivos que amortecem o escoamento das áreas impermeabilizadas e/ou recupere a capacidade de infiltração, através de dispositivos permeáveis ou pela drenagem em áreas de infiltração. O decreto se baseia na padronização de elementos básicos para a regulamentação que são como a vazão máxima de saída a ser mantida em todos os desenvolvimentos urbanos (novas edificações ou parcelamentos) e incentivar os empreendedores a utilizarem pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana (DEP, 2005).

Com relação a variável participação social e projetos sociais no manejo das águas pluviais no que diz respeito às leis municipais, de forma indireta é garantida a participação social pelo Decreto Municipal nº 15.588 de 2017, que institui o Comitê Gestor de Educação Ambiental que tem como objetivo propor e implementar ações de educação ambiental e integrar as ações já desenvolvidas nos diferentes órgãos administrativos da cidade. O artigo 5 relata que o Comitê Gestor é integrado por representantes de diversos órgãos municipais, dentre eles os departamentos de esgoto pluviais e água e esgotos que possuem uma relação direta com as questões envolvendo a drenagem urbana.

## 6. DISCUSSÕES

A partir do levantamento realizado, foi verificado o PMDU-PA possui instrumentos normativos referentes à drenagem urbana bem elaborados, fornecendo diretrizes técnicas e ambientais para a solução dos problemas de drenagem e apontando soluções de planejamento em drenagem urbana que evitem e/ou minimizem o aumento das enchentes e os impactos sobre a qualidade da água.

Um ponto relevante do Plano Diretor é o Plano Local de Gestão que ordenou a cidade em macrozonas das quais foram considerados os aspectos físico, territoriais, socioeconômicos e ambientais de cada região levando também em consideração aspectos da drenagem urbana.

Na questão da participação social, os textos ressaltam a importância da capacitação da população por meio da educação ambiental, para que compreendam as necessidades da cidade bem como a importância da drenagem urbana.

Outro ponto que merece destaque é a parceria público privada firmada pela prefeitura para o desenvolvimento do PMDU por meio de convênio entre departamento de esgotos pluviais da prefeitura municipal de Porto Alegre e o instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O PMDU-PA de Porto Alegre teve como principais produtos a regulamentação dos novos empreendimentos que tem por objetivo evitar impactos indesejáveis gerados por estes novos empreendimentos, como drenagem inadequada e impermeabilização excessiva dos lotes, também foram elaborados o plano de controle estrutural e não estrutural que estabelece alternativas de controle estrutural como obras de macro e microdrenagem e não estrutural como educação ambiental, coleta de lixo, varrição das ruas e o manual de drenagem urbana, um documento que orienta a implementação de projetos de drenagem na cidade.

Embora o PMDU-PA, apresente aspectos e ferramentas necessárias para que os problemas de drenagem urbana do município sejam resolvidos e ou mitigados observou-se que o fato da cidade de Porto Alegre ter aderido à Campanha da UNISDR não se refletiu necessariamente na adoção de novos procedimentos em seu PMDU, havendo a

necessidade de reformulá-lo, para que passem a incorporar preocupações mais claras com relação à resiliência e às mudanças climáticas.

## 7. CONCLUSÕES

Com base no levantamento realizado, foi verificado que em nenhum momento o PMDU- PA menciona explicitamente a resiliência ou mesmo as mudanças climáticas. No entanto, pode-se verificar a presença das variáveis analisadas sendo abordadas de forma direta ou indireta.

Constatou-se que algumas variáveis não são abordadas, o que é esperado no PMDU uma vez que estas variáveis não dão ênfase à drenagem urbana, todavia, tais variáveis podem favorecer na melhora do abastecimento e na reutilização das águas pluviais.

Observou-se também que o PMDU e o Manual de Drenagem Urbana apresentam preocupações, tanto com medidas estruturais e como não estruturais. Na questão da participação social há um enfoque muito claro da necessidade de conscientização da população que é garantido por um decreto no qual estabelece a implementação de ações sociais integradas aos diferentes órgãos administrativos da cidade.

Referente à gestão, são previstos na legislação alguns instrumentos de medidas estruturais e não estruturais importantes para a drenagem como controle da poluição, utilização de dispositivos de controle de drenagem, regulamentação da drenagem para novos empreendimentos, incentivar novos empreendedores a realizar medidas de controle na fonte da drenagem urbana e garantir a participação social envolvendo diversos atores social e municipais.

Apesar o PMU-PA e o Manual de Drenagem Urbana apresentar um programa consistente de drenagem urbana, há um desafio emergente de projetar a resiliência para reduzir os impactos das mudanças climáticas, garantir o abastecimento seguro de água e a proteção de ambientes através de agendas que repensem e redesenhem os padrões de políticas urbanas para que as cidades sejam capazes de resistir a choques e a tensões naturais ou não.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banco Mundial. (2010). *Climate Risks and Adaptation in Asian Coastal Megacities: Synthesis Report*. International Bank for Reconstruction and Development, Washington D.C.
- Bemfica, D.C. (2003). *Implantação de ações previstas pelo plano diretor de drenagem urbana de Porto Alegre*. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <[http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab\\_109.pdf](http://www.semasa.sp.gov.br/Documentos/ASSEMAE/Trab_109.pdf)>
- Braga, R. (2012). *Mudanças climáticas e planejamento urbano: uma análise do Estatuto da Cidade*. Anais do VI Encontro Nacional da Anppas, p. 1-15.
- Brasil. (1997). *Lei nº 9.433, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos*. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm).
- Brasil. (2007). *Lei nº 11.445, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico*. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/553661.pdf>.
- Corrêa, T.H.P., Teixeira, B.A.N. (2018). *Avaliação da Presença de Aspectos de Resiliência e Mudanças Climáticas em Planos de Drenagem Urbana: Estudo em 10 Municípios Da Região Central do Estado De São Paulo, Brasil*. 3º Congresso Interamericano de Cambio Climático - Resiliencia frente el Cambio Climático em Latinoamérica (AIDIS), Buenos Aires. Disponível em: [http://www.aidis.org.br/PDF\\_mem/3CICC/1.3-Prado%20-Brasil-1.doc.pdf](http://www.aidis.org.br/PDF_mem/3CICC/1.3-Prado%20-Brasil-1.doc.pdf).
- Farhad, S. (2012). *Los sistemas socio ecológicos una aproximación conceptual y metodológica*. XII Jornadas de economía crítica, Sevilla, p. 265-280.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. (2011). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>.
- ICLEI-Governos Locais pela Sustentabilidade. (2010). Manual para aproveitamento do biogás: volume dois, efluentes urbanos. São Paulo.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. (2012). In: Field, C. B. et al. (Ed.). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
- Klug, L.; Marengo, J. A.; Luedemann, G. (2016). *Mudanças climáticas e os desafios brasileiros para implementação da nova agenda urbana*. COSTA, MA. *O Estatuto da Cidade e a Habitat III: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a nova agenda urbana*. SI: IPEA.
- Loorbach, D.; Rotmans, J. (2010). *The practice of transition management: examples and lessons from four distinct cases*. *Futures* 42(3):237-246. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.futures.2009.11.009>
- Marengo, J. A. (2007). *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. Brasília: MMA.
- Marques, E.T.S., Silva, M.S.G., Acácio, S.C. (2015). *Gestão de Drenagem Urbana no Controle de Enchentes: captação, reservação e armazenamento de águas pluviais*. Monografia. (Engenharia Civil). Centro Universitário Newton Paiva Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas-FACET-Curso de Engenharia Civil. Belo Horizonte. 78p.
- Oliveira, V. V.; Montañó, M. (2010). *A Adoção da Abordagem de Empreendimentos para a Gestão Ambiental de Cidades*. PLURIS Disponível em: <http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper157.pdf>.
- Pellegrini, A.; Scabello, D. T.; Tomita, F. A.; Oliveira, M. R. (2012). *Exemplos de Planos Diretores de Drenagem Urbana*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Hidráulica e Ambiental. Seminário.
- Prefeitura Municipal de Porto Alegre. (2011). *Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Disponível em: [http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=66](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=66).
- Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Departamento De Esgotos Pluviais (DEP). (2005). *Plano Diretor de Drenagem Urbana – Manual de Drenagem Urbana – Volume VI*. Disponível em: [http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_versao.pdf](http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf).
- Revi, A. et al. *Urban areas*. (2014). In: FIELD, C. B. et al. (Eds.). *Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Rosenzweig, C. Solecki, W.; Hammer, S.A.; Mehrotra, S. (Ed.). (2011). *Climate change and cities: First assessment report of the urban climate change research network*. Cambridge University Press.
- Solomon, S. et al. (Ed.). (2007). *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. Cambridge university press.
- Tucci, C. E. M. (2014). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4° ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH.
- UNISDR. (2012). *How to make cities more resilient: a handbook for local government leaders*. Geneva, Switzerland, p.120p 2012. Disponível em: <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/26462>.

## 9. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## INTERVENÇÕES EM RIOS URBANOS EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

*Eneida de Almeida (Eneida.almeida@uol.com.br); Ana Maria Antunes Coelho (ana.mcoelho@gmail.com); Lucas Navarro Teixeira (lucasnavtei@hotmail.com)*

Universidade Sao Judas Tadeu (USJT) – Brazil

**Palavras chave:** drenagem urbana, rios urbanos, parques.

*A modernidade trouxe inequívocos avanços nos meios de transporte e de comunicação, permitindo que o homem se sentisse em casa no mundo e junto dos outros como jamais tinha ocorrido antes. As conquistas, contudo, trouxeram importantes problemas ambientais e desafios a superar. Por isso mesmo, em tempos recentes, os avanços tecnológicos têm sido postos em xeque, especialmente no que se refere à manipulação indiscriminada do ambiente físico. O conhecimento adquirido sobre os processos da Natureza e suas relações com o crescimento desenfreado das cidades na segunda metade do século XX traz à luz a necessidade de um olhar alinhado com esses processos que, apesar de exemplos esporádicos no passado, apenas no limiar do novo milênio se apresenta difundido concretamente em projetos e obras. Nessa perspectiva, interessa a este trabalho investigar propostas difundidas em diversas partes do mundo, na atualidade, que combinam sistemas de saneamento das águas à requalificação da paisagem, revertendo a condição de barreira e de elemento insalubre associada aos cursos d'água, em área aprazível, interligada a parques e estruturas de lazer. Considerando que os exemplos mais emblemáticos estejam nos países mais desenvolvidos, busca-se aqui trazer a discussão para a realidade das cidades latino-americanas, como forma de promover o potencial e explorar barreiras que necessitam ser vencidas. Para isso, serão utilizados como objetos de estudo os Parques do Rio Medellín, Colômbia, que propõe a intervenção em toda a bacia hidrográfica e a implantação da Praça das Corujas, junto ao córrego de mesmo nome, em São Paulo - Brasil, uma intervenção em pequena escala, ligada à drenagem urbana, oriunda da mobilização da população local contra as soluções padronizadas do poder público de enterrar os corpos d' água. Os resultados apontam para o cotejo de diferentes contextos e escalas urbanas, com a possibilidade de avaliar a superação de carências estruturais, tendo em vista reavaliar os investimentos na infraestrutura urbana e na qualidade das cidades.*

### 1. INTRODUÇÃO

O tecnicismo e racionalização do século XX trouxeram a emergência de respostas para vencer os obstáculos que os elementos naturais, em especial os cursos d'água, apresentavam para o crescimento das cidades. Com isso, o conhecimento e a técnica foram utilizados indiscriminadamente para alterar a paisagem e permitir que as cidades trilhassem seus caminhos sem que as dinâmicas da Natureza pudessem interferir ou atrasar o seu desenvolvimento. No entanto, a busca por soluções focadas apenas na técnica e nos problemas se apresentou ineficiente e gerou novos desafios a serem vencidos. A manipulação indiscriminada do meio físico se agrava, especialmente no panorama contemporâneo, em que se observa o crescimento ilimitado das cidades e os efeitos perversos das mudanças climáticas, como o aumento da poluição atmosférica, a alteração do regime de vazão das águas, para mencionar só alguns dos problemas mais frequentes a afligir as principais metrópoles do planeta.

No século XXI, o reconhecimento das chamadas populações tradicionais e da sua possível contribuição para a conservação e manutenção da diversidade biológica apontou o

surgimento de um ecologismo diferenciado daquele emergente nos países industrializados que sacralizavam o mito da "natureza intocada", dois séculos antes. A acepção do "equilíbrio dos ecossistemas" e do "novo naturalismo", defendidos por movimentos sociais, priorizaram a diversidade cultural e a união entre o homem e a natureza, de modo a garantir a gestão democrática dos espaços territoriais e o adequado manejo das áreas de proteção ambiental.

Iniciativas para rever a forma de planejar e projetar como McHarg (1969) e Lyle (1985) trazem a Natureza para o papel de protagonista, a ser compreendida, para que o desenho resultante seja a simbiose do conhecimento técnico aplicado tanto à manutenção dos processos da Natureza como à fruição e apropriação do espaço pelo Homem.

Da mesma forma, Spirn (1995) discute como os elementos da Natureza como Água, Solo, Ar e Vida estão presentes na cidade, ainda que muitas vezes não percebidos, desconsiderados e tratados em uma relação predatória e de confronto, que trazem consequências de longo prazo, prejudiciais ao ambiente humano. Sua proposta é que o conhecimento científico que tem sido acumulado ao longo dos séculos seja aplicado às configurações das cidades de forma alinhada aos processos naturais.

O fazer e transformar devem ser afrontados, portanto, mediante o estudo dos sistemas ecológicos e as possibilidades de autorregulação, resiliência e estabilidade do ecossistema. Corresponde, obviamente, a um conceito dinâmico, por envolver relações entre o sistema ecológico e o sistema antrópico, ambos em constante transformação. As discussões mais recentes tendem a reforçar as relações sinérgicas e sistêmicas entre as dimensões ambientais, econômicas e sociais.

## **2. A ÁGUA NA PAISAGEM**

Sobre os elementos Solo e Água, a urbanização das cidades tem como prática a impermeabilização do solo, o que impede que as águas da superfície infiltrem e alimentem o lençol freático. Ao longo da história, muitos corpos d'água, senão a maioria, foram retificados e enterrados. As práticas consolidadas pelos projetos de drenagem urbana, além de contarem com essa impermeabilização, distribuem artefatos pelo tecido urbano como sarjetas, tubulações e galerias de águas pluviais que além de também impermeáveis, têm como objetivo afastar no menor tempo possível as águas das chuvas para jusante, a fim de garantir que não haja acúmulo de água nas áreas urbanas. O somatório dessas ações combinado à expansão das áreas urbanizadas tem multiplicado os problemas relativos a enchentes e alagamentos nas áreas próximas às cotas mais baixas, ocupadas em geral pelas populações de menor poder aquisitivo, além das vias de circulação localizadas nas várzeas e fundos de vale.

Além das enchentes, mais facilmente percebidas pela população de modo geral, outras implicações menos evidentes ocorrem, como o carreamento do lixo urbano e contaminantes presentes nas superfícies das áreas atingidas pelas chuvas, em direção aos cursos d'água, que se comportam como receptores de toda a sujeira urbana, situação inversa das desejáveis, ou seja, que massas de vegetação se apresentem como filtros naturais de forma a proteger as águas dos córregos e rios. Com o sistema de drenagem convencional, ainda que sejam recompostas as matas ciliares ao longo dos corpos d'água, as tubulações de drenagem avançam pela área de preservação permanente e descarregam diretamente no leito dos córregos, sem que haja nenhum tipo de controle na qualidade das águas que é lançada.

Apesar de experiências como o Emerald Necklace de Olmsted em Boston já existirem no final do século XIX, somente na segunda metade do século XX, temos visto exemplos em



outros países de novos paradigmas na concepção da drenagem urbana de forma a respeitar os processos naturais:

Arquitetos paisagistas e historiadores urbanos consideram o sistema de parques de Boston conhecido como Emerald Necklace como um marco no planejamento de parques americanos, mas poucos sabem que um terço do sistema foi projetado para o controle das enchentes e melhoria da qualidade das águas e não fundamentalmente para a recreação. O projetista Frederick Law Olmsted criou o Fens e o Riverway para combater os problemas de enchentes e de poluição das várzeas da Back Bay de Boston [...] (Spirn, 1995:163)

Exemplos emblemáticos como o Rio Tâmis só se consolidam a partir de 1970, em um crescente movimento na investigação e melhoria da qualidade da água e conseqüentemente das características urbanísticas do entorno, que tem se renovado de forma constante. Por outro lado, ainda que a conscientização e efetiva aplicação do conhecimento da dinâmica da água em áreas urbanas tenham levado tanto tempo para ser reconhecida e aplicada, é possível elencar inúmeros exemplos que vêm ocorrendo ao redor do mundo na virada do milênio. Provavelmente, o mais contundente fora do eixo Estados Unidos/Europa, seja a incrível transformação que se tem observado em projetos na Ásia, como as renaturalizações de córregos no Japão e as obras de revitalização e proteção dos cursos d'água em áreas urbanas na Coréia do Sul, que souberam aproveitar períodos de crescimento econômico para incrementar medidas de melhoria na qualidade ambiental.

Experiências ligadas à arquitetura da paisagem, denominada infraestrutura verde (Cormier; Pellegrino, 2008), têm se destacado, especialmente nas cidades localizadas no Noroeste do Pacífico, mas que têm se multiplicado pelos continentes, atualmente com publicações de manuais bastante desenvolvidos, por exemplo, na Austrália, que procuram interligar o sistema de drenagem a uma rede de áreas ajardinadas e permeáveis, mais alinhadas aos processos naturais do que os sistemas convencionais de drenagem, capazes de trazer maior permeabilidade, retenção de águas de chuvas e filtragem das águas superficiais.

Caracterizam-se especialmente por buscarem inserção nas várias escalas da paisagem, desde a escala local, de forma a reduzir grandes estruturas como os chamados “piscinões”, que partem do mesmo princípio de reter mais a água a montante, mas que não se conectam com uma paisagem mais amistosa de cidade e tiram a oportunidade de educar a população a perceber o seu papel como protagonista no controle e redução da poluição difusa.

Tais propostas abrangem as várias escalas de projeto e podem ser aplicadas desde o planejamento territorial das áreas, tendo como unidades de projeto as bacias hidrográficas, de forma que a infraestrutura urbana esteja alinhada com o caminhar natural das águas.

A discussão que apresentamos buscou duas escalas de projetos distintas, concentradas em países da América do Sul, que ilustram iniciativas para a intervenção em áreas já consolidadas e exemplificam a transformação dessa relação da vida da cidade com seus rios.

O exemplo do Rio Medellín na Colômbia traz tanto a abordagem de projeto que tem como foco o tratamento de toda a bacia do rio e a revitalização ao longo do curso d'água, como também apresenta proposta de implantação a longo prazo, situação aparentemente óbvia, mas que nos países em desenvolvimento, com as oscilações econômicas e sistemas de governo ainda em maturação, apresenta-se como um exemplo significativo para os países ao redor e como uma grande conquista ainda a ser obtida.

Por outro lado, no caso do Brasil, o Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 alterado em 2012 - Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012) pode ser

considerado um avanço, que dispõe entre outros, sobre a proteção e preservação dos cursos d'água, cujo foco se concentra nas grandes áreas agrícolas e seu embate com a proteção dos recursos naturais. No entanto, o embate com relação às áreas de preservação permanente em áreas urbanas se apresenta ainda pouco discutido e sem iniciativas efetivas que demonstrem a transformação da atitude com os corpos d'água nessas áreas. Os sistemas de drenagem de água de chuva estão distantes tanto das discussões travadas nos meios acadêmicos, quanto das práticas realizadas em concomitância com a expansão das áreas urbanas, que continuam a seguir os paradigmas da engenharia de afastar rapidamente as águas de chuva e, ainda que de acordo com a legislação vigente, mantêm o lançamento nos córregos dos contaminantes e do lixo urbano arrastado pelas águas.

Destacamos aqui a experiência na cidade de São Paulo da intervenção do Parque do Córrego das Corujas, que apresenta características relevantes de qualidade ambiental e urbana, acrescida da mobilização da população local, mas que traz também à tona questões ligadas à gestão e conscientização dos vários atores envolvidos no processo, que precisam ser equacionadas.

### 3. PROJETO PARQUES DO RIO MEDELLÍN

A cidade de Medellín, localizada no Vale de Aburrá, tem como principal eixo urbano o Rio Medellín, uma vez que este corta a cidade ao meio por toda a sua extensão, tendo exercido impacto na própria escolha do território de fundação do povoado primitivo, no século XVII, situado a leste do rio sobre o afluente Santa Elena (Vásquez, 2016, p. 53-71). A partir desse período, outros povoados foram se instalando nas vizinhanças, dando origem aos assentamentos urbanos que constituem os municípios da Área Metropolitana. A condição de barreira definida pelo curso do rio foi agravada com sua retificação e canalização parcial, seguida da construção das pistas marginais (anos 1950), e da implantação da linha de metrô da cidade (anos 1990), dividindo-a literalmente em duas partes (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa diagramático indicando o percurso do rio, estações de tratamento e áreas de projetos. Fonte: Google Earth, pós-produção do autor.

Um projeto ambicioso, concebido segundo as diretrizes de renovação urbana do Plano de Ordenamento Territorial (POT), aprovado em 2014, cuja execução foi iniciada em 2015, propõe recuperar um eixo linear de 19,8 km de extensão, envolvendo uma área de

aproximadamente 327,5 hectares, transformada num parque que atravessa a cidade no eixo norte-sul, impactando nove municípios do Vale de Aburrá. A obra prevê a criação de vias subterrâneas de aproximadamente nove metros de profundidade para comportar a circulação viária em substituição à autopista Sur.

O POT estabeleceu o Rio Medellín como principal eixo de intervenção, a partir da adoção de estratégias de recuperação das águas e dos espaços públicos das imediações, aliadas à renovação das edificações dessas áreas lindeiras, invertendo a inclinação de se enxergar o rio como inimigo da cidade – seja pelas inundações, seja pela condição de barreira –, afrontando ainda a tendência de expansão que exerce pressão sobre as bordas periféricas.

### **3.1. Descrição do projeto: critérios ambientais**

Uma publicação do site ArchDaily traz informações essenciais a respeito da intervenção no Rio Medellín, por meio de imagens oficiais e da descrição da proposta da equipe do *Latitud Taller de Arquitectura y Ciudad*, que venceu o Concurso Público Internacional de Anteprojeto Urbanístico, Paisagístico, Arquitetônico e seus estudos complementares do Parque do Rio, na cidade de Medellín, Colômbia.

O projeto, segundo a descrição, cria um corredor biótico metropolitano, propondo a recuperação da vegetação do Vale de Aburrá e a sua articulação com a rede de espaços públicos, em pontos que se mostrassem viáveis. Nesse contexto, o Parque Botânico foi objeto de redesenho (Figura 2), visando à reorganização das infraestruturas antes subutilizadas no eixo Norte-Sul da cidade, convertidas em amplos espaços permeáveis, propiciando, um triplo intento: a solução para o problema ambiental do tratamento e escoamento das águas; a ampliação do impacto ambiental ao fortalecer o ecossistema natural metropolitano com a conexão das manchas de vegetação dispersas ao longo do rio, com as do jardim Botânico e das colinas; o uso da população em contato com essas áreas revitalizadas.



**Figura 2.** Projeto da área que envolve o Jardim Botânico. Fonte: Latitud Taller de Arquitectura y Ciudad.

O alcance da recuperação do rio, ao adotar um enfoque ambiental, ganha maior vulto, pois além de melhorar a qualidade da água e a do ar, possibilita à população conhecer a riqueza da biodiversidade, à medida que usufrui dessa paisagem requalificada. Permite, assim, não apenas o desenvolvimento de atividades de lazer, mas também o de práticas de educação ambiental.

Os principais critérios de projeto podem ser assim sintetizados: 1) o rio como cerne estrutural ambiental, cultural e desportivo, a partir do qual se criou um circuito ambiental no Vale do Aburrá, formando um novo eixo biótico metropolitano que articula o vale a determinadas áreas de colina e ao Jardim Botânico; 2) articulação de manchas de vegetação situadas na área de influência do Rio Medellín e de seus afluentes ao circuito ambiental do Vale do Aburrá; 3) recuperação e proteção das águas, através da integração da rede fluvial ao circuito biótico metropolitano (Figuras 3 e 4); 4) recriação da paisagem, por meio da reciclagem das estruturas subutilizadas nas áreas de influência do circuito biótico, propondo novos usos, o favorecimento de formas mobilidade verde e de ligação com o sistema integrado de transporte metropolitano; 5) apoio a atividades de educação socioambiental.

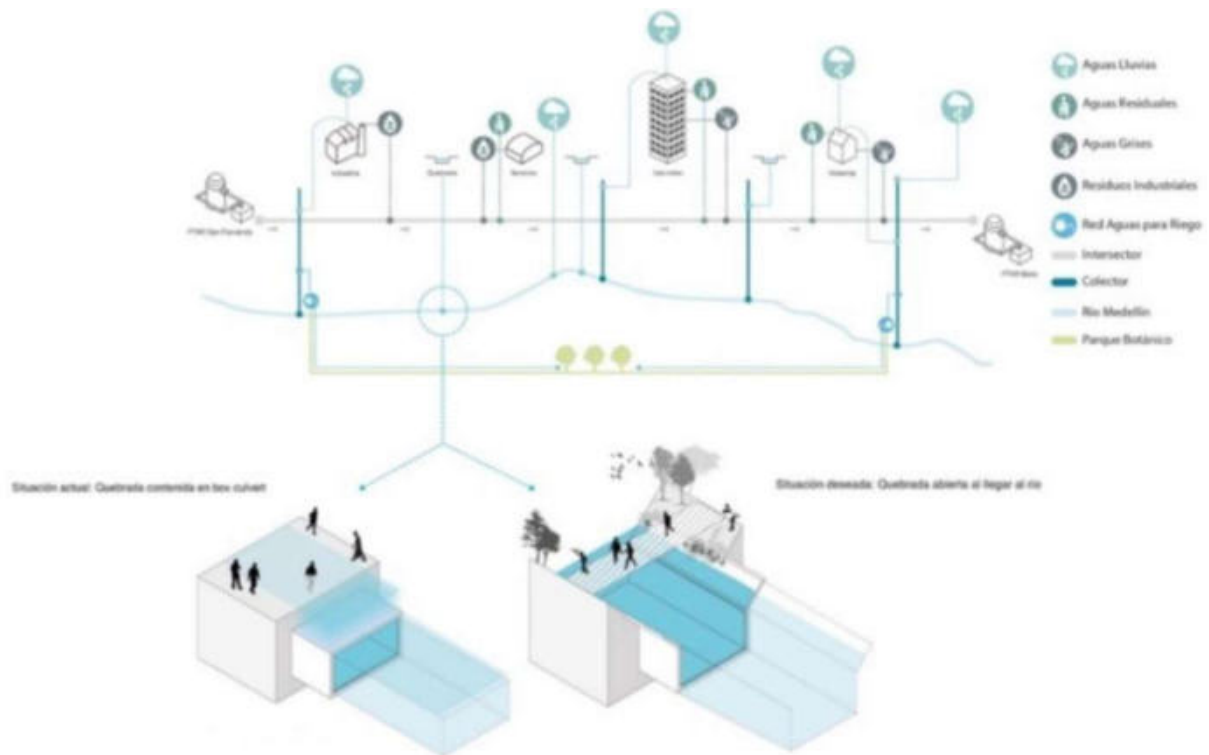


Figura 3. Diagrama de tratamento de águas servidas e conexão dos afluentes com o Rio Medellín. Fonte: Autores do projeto- Latitud Taller de Arquitectura y Ciudad, pós-produção do autor-artigo.

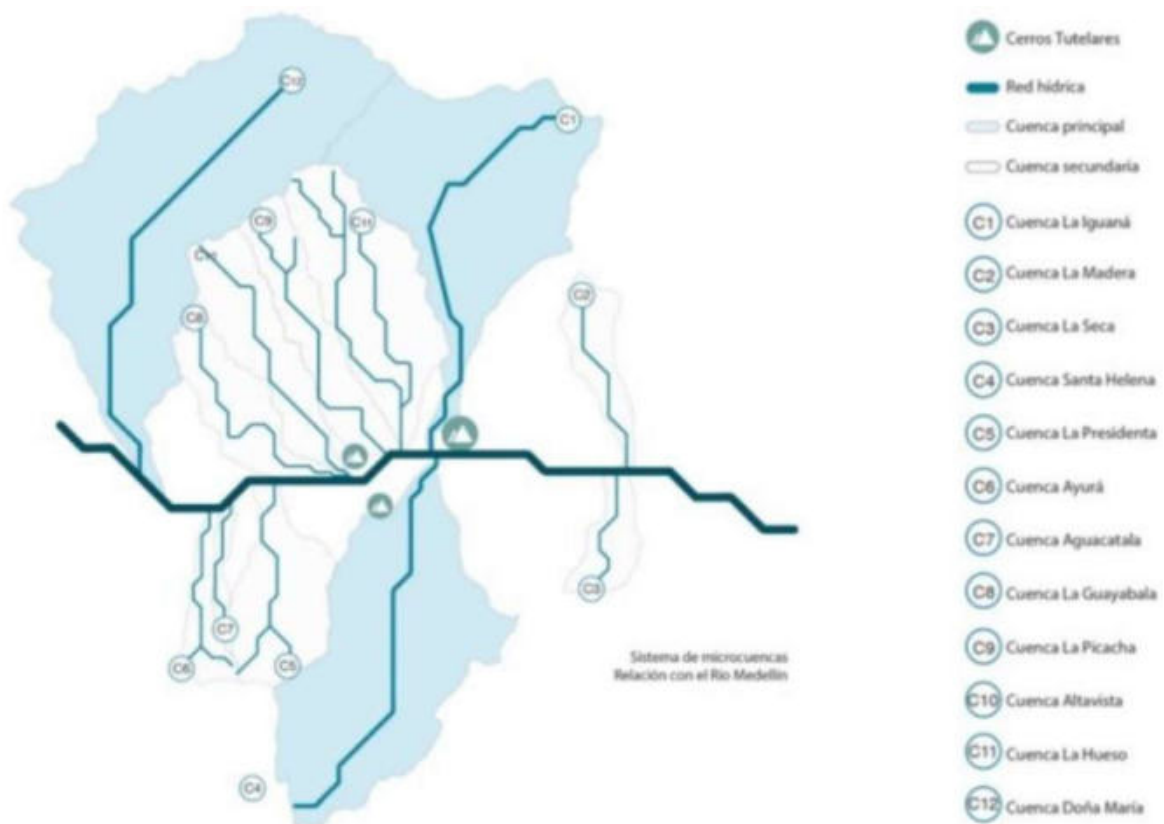


Figura 4. Diagrama de micro bacias. Fonte: Autores do projeto- Latitud Taller de Arquitectura y Ciudad, pós-produção do autor-artigo.



Conforme podemos notar, os autores dedicam cuidado especial ao sistema hídrico urbano, uma vez que as águas residuais, cinzas e os resíduos industriais serão levados às Plantas de Tratamento de Águas Residuais (PTAR) e devidamente tratados, ao invés de descartados no rio. Como demonstra o diagrama, os conectores levam as águas das chuvas, dos sistemas de drenagem para reutilização na rega das áreas verdes do parque. Na tentativa de evitar-se o alagamento nas áreas de conexões dos córregos e dos afluentes com o Rio Medellín, buscou-se redesenhar sua calha, não os encerrando em tubulações e, por estarem abertos, os taludes inclinados permitem uma melhor acomodação das águas. Esses córregos foram ainda pensados como, dito acima, enquanto parte da conexão biótica viabilizada com o projeto. Nesse sentido, a vegetação plantada em seus taludes inclinados, funciona como conectores verdes.

### **3.2. Etapas de execução**

A fim de evitar-se o colapso do trânsito das vias marginais, foram então propostas 8 etapas de construção, conforme indicado: (1) parte-se da malha viária existente; (2) são escavadas as valas e concretados os muros de contenção; (3) após este processo é executada em metade da via a laje de cobertura; (4) após sua finalização é realizada laje da outra metade; (5) são restauradas as vias sobre as lajes e realizada a escavação da terra; (6) em seguida procede-se à colocação de estacas a fim de evitar a capilaridade; (7) realização da laje de piso; (8) por fim, a mudança das faixas de rolamento para o túnel e a implementação do projeto paisagístico.

O desenvolvimento e execução do projeto em diversas etapas, em virtude da ampla escala de atuação, foram estabelecidos com base num cronograma de obras que avança até o ano de 2050, segundo um plano de implantação progressiva. O trecho escolhido para início da implementação da proposta vencedora consiste em duas áreas em margens opostas do Rio Medellín, uma das quais se encontra atualmente em obras, enquanto que a outra já está pronta e em funcionamento. O trecho que já se encontra pronto, segundo a prefeitura de Medellín, corresponde a um trecho de 2,6 Km, gerando uma área de 145.181 m<sup>2</sup> de espaço público.

O longo período para a implantação traz o desafio de continuidade das políticas públicas e a atualização do plano frente às inovações e alterações de valores presentes na dinâmica urbana.

## **4. PARQUE DO CÓRREGO DAS CORUJAS**

A cidade de São Paulo tem seus principais eixos de circulação e transporte ao longo de cursos d'água em marginais de rios retificados, como o Rio Tietê e o Rio Pinheiros ou ao longo dos incontáveis corpos d'água canalizados. Convive com a ideia de que a água não existe na paisagem da cidade, a não ser como elemento degradado e contaminado, ou nas também inúmeras situações de enchentes nos períodos de chuva, que no geral prejudicam as áreas mais carentes da cidade. São muitas as obras e concursos públicos já realizados, que por diversos fatores não são capazes de alterar a realidade. Parte desses fatores está na falta de visão dos agentes públicos com relação a um novo olhar nas relações entre Cidade e Natureza, mas também à dificuldade de políticas públicas que tenham continuidade entre as alternâncias de governo.

O córrego das Corujas é um dos muitos cursos d'água existente no território da cidade de São Paulo. Foi retificado na década de 40, após a Companhia City ter iniciado o loteamento da região em 1937. A intervenção de que trata este trabalho insere-se no Programa Córrego Limpo celebrado em 2007, por meio de uma parceria entre a Prefeitura de São Paulo e o Governo do Estado que, em dez anos de vigência, despoluiu uma área de cerca de 210 km<sup>2</sup>

de bacias da cidade, impedindo que mais de 1.600 litros/segundo de esgoto fossem lançados nesses cursos d'água, segundo dados oficiais.

O projeto da praça e a articulação com o córrego foi iniciativa da Associação dos Moradores do Bairro, que buscaram profissionais da área de paisagismo com o intuito de que o trecho ainda a céu aberto do córrego não fosse canalizado, conforme projeto inicial elaborado pela Prefeitura.

O Projeto Parque do Córrego das Corujas envolve um trecho de cerca de 800m de extensão, desde a nascente até a Praça das Corujas e teve como principal preocupação ambiental a necessidade de conciliar os sistemas de drenagem urbana à descontaminação da água, sendo fundamental, que as ligações de esgoto antes despejadas diretamente nele, tivessem tal condição revertida..

A acentuada declividade da área entre a Vila Madalena e a Vila Beatriz contribuía para que ali se formasse um ponto de alagamento. É nesse sentido que o projeto de Elza Niero, em colaboração com o professor Paulo Pellegrino, buscou incorporar os preceitos da infraestrutura verde, de modo a combinar o controle do escoamento ao tratamento das águas. Por se tratar de um terreno bastante acidentado, procedeu-se à patamarização em diferentes cotas, com a adoção de “muros de gabião” e a formação de taludes, complementando a intervenção com o plantio de uma expressiva arborização, de modo a conter os deslizamentos de terra e contribuir para a qualidade da paisagem. A solução de micro drenagem pode ser indicada como um elemento importante do projeto, com a utilização de pavimentação drenante constituída por blocos intertravados e pedriscos, associada às biovaletas escalonadas, implantadas ao longo das quatro ruas que se situam na cota superior da praça, até as cotas mais baixas que desembocam no córrego. Ao longo desse percurso são formados jardins de chuvas, bem como caixas de areia, que possibilitam a filtragem e retenção das águas pluviais antes de serem lançadas no córrego (Figura 5).



Figura 5. Implantação do projeto. Fonte: Miklos

Uma das questões mais relevantes dessa intervenção é que sua realização corresponde efetivamente aos anseios da população que se mobilizou pela sua execução, tendo participado das discussões nas fases de idealização e exigido a manutenção do trecho aberto. Os usos e atividades previstos nos espaços contíguos ao Córrego também foram

resultado das negociações estabelecidas entre os moradores da área, os autores do projeto e os representantes do poder público. Integram as áreas livres que se destinam ao convívio coletivo: uma área *playground* destinada às crianças, e a Horta das Corujas, uma horta comunitária implantada no espaço da Praça, mantida por um grupo de moradores voluntários.

#### 4.1. Relatório de visita

A visita à área, possibilitou a compreensão da situação atual e a comparação entre a proposição contida no projeto e a efetiva execução das obras. Nesse sentido, pode-se perceber que parte da ideia de retenção de água para filtragem não foi realizada, pois as praças d'água não foram executadas, restando, no entanto, as biovaletas que conduzem a água para o córrego (Figura 6).

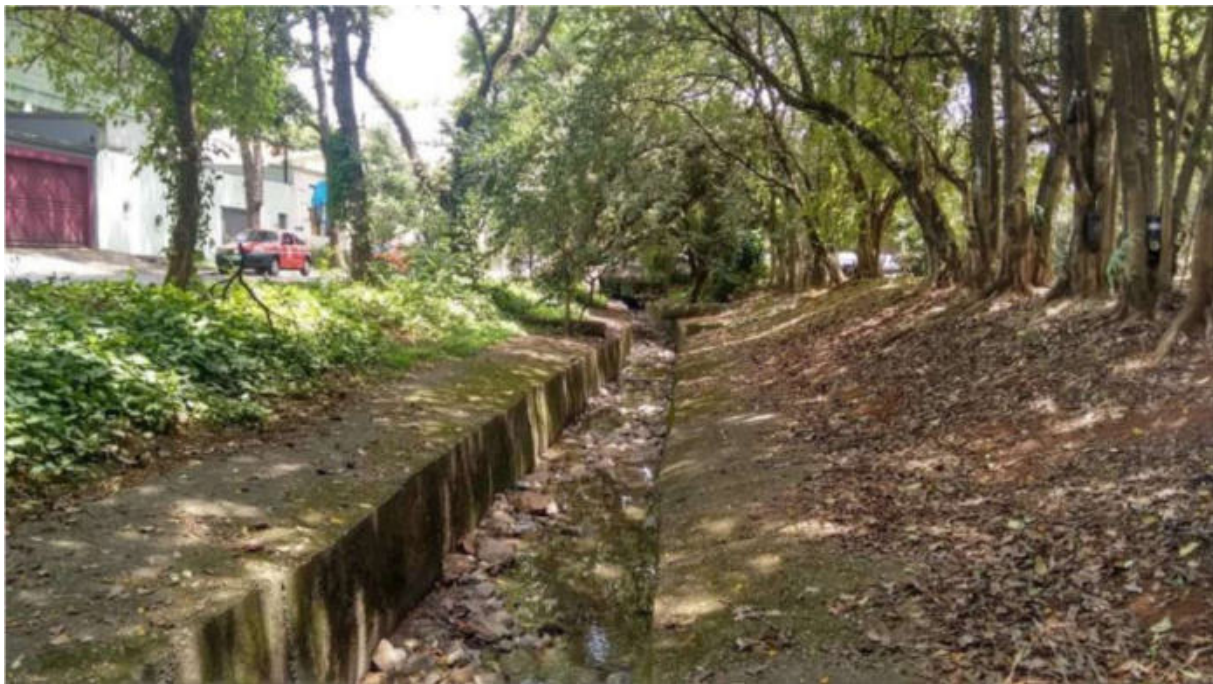


Figura 6. Estreita calha do córrego e intensa arborização.

Em depoimento (Pellegrino, 2012) um dos autores do projeto elencou as várias dificuldades na implantação da obra, em especial pelas restrições que são impostas para a contratação realizada pelo Poder Público e o despreparo da mão-de-obra, acostumada com as práticas convencionais de execução de áreas públicas. Esses aspectos, contudo, não diminuem a importância dessa intervenção como conscientização de uma parcelada população local, capaz de aproveitar a oportunidade para integrá-la a um programa de governo como o Programa Córrego Limpo. As eventuais ressalvas à execução podem ser encaradas como tópicos a serem revistos e reparados em obras de manutenção, como operações de rotina dentro dessa ótica de colaboração entre os agentes públicos e a população, tendo em vista que a avaliação de todo o processo pressupõe difusão dos resultados para uma maior conscientização tanto dos habitantes, quanto dos técnicos, de modo a que ambos tenham precisa noção de todos os detalhes que compõem o conjunto dessas ações.

Nota-se que a maior permeabilidade, a manutenção do curso d'água a céu aberto e a arborização convivem com a diversidade de usos e apropriações, que abrangem desde roda de música, prática de atividades físicas como ginástica, yoga, caminhada, pais e filhos em atividade de recreação e passeios com cachorros, demonstrando a grande frequência e utilização da praça.



## 4.2. Levantamento dos usos

Ao realizar o levantamento dos usos na Micro Bacia do Córrego das Corujas foi possível constatar é que a maior parte do córrego se encontra canalizado e coberto, permanecendo na superfície apenas os trechos que compreendem a Praça das Corujas e o Parque das Corujas. Poderia estar aberto em outros trechos, já que ele se localiza no eixo e/ou canteiros de avenidas, tanto a montante quanto a jusante (Figura 7).

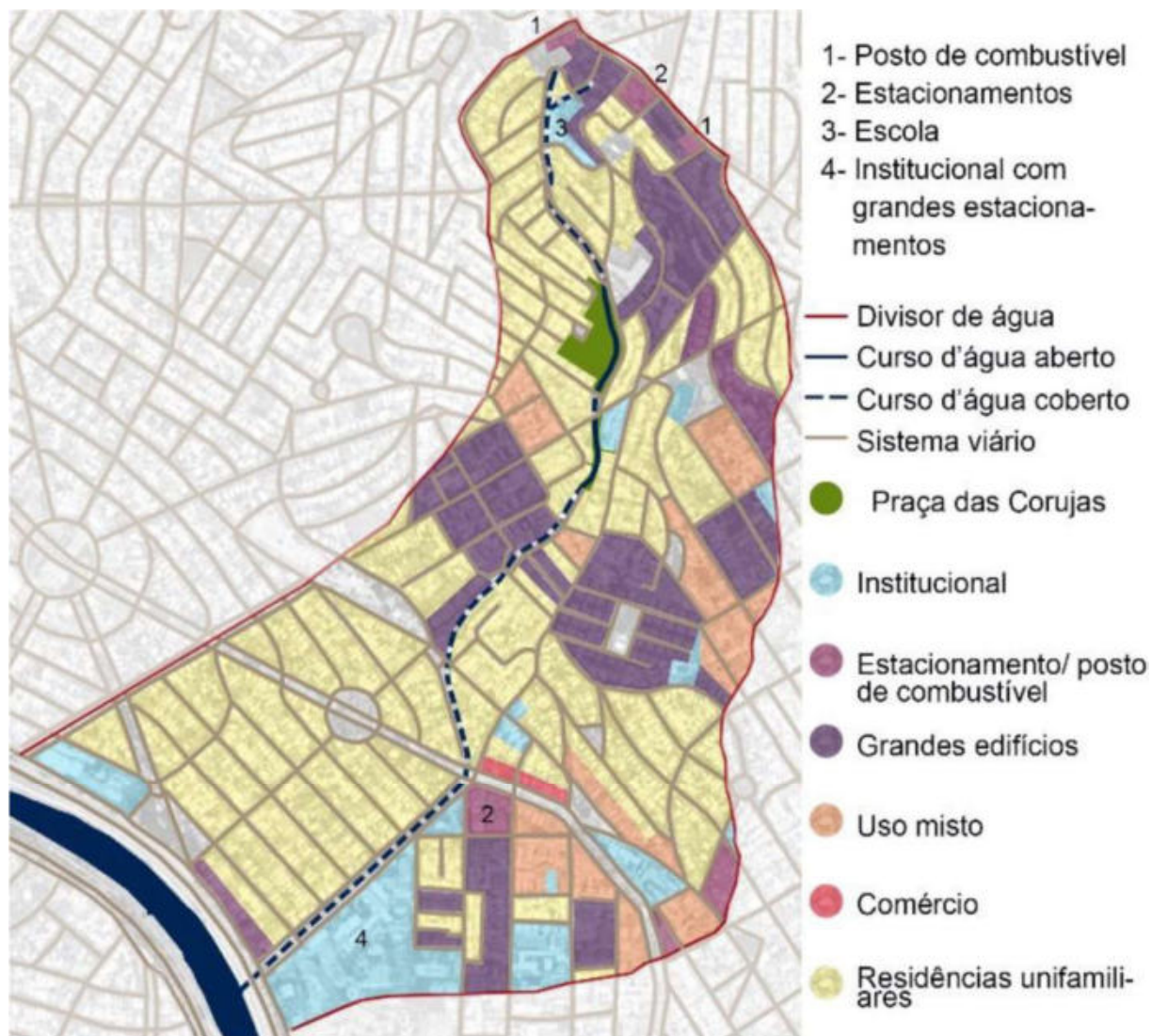


Figura 7. Mapa diagramático do uso do solo e percurso do córrego. Fonte: Base do Google Earth – pós-produção do autor.

Não resta dúvida que essa intervenção trouxe uma nova abordagem de infraestrutura, com base na troca de experiências entre o poder público e a população local, e que certamente pode ter continuidade, trazendo a visibilidade dos trechos ainda canalizados, conforme citado, e ainda estender o tratamento dado a toda a extensão desse curso d'água, o que representaria um benefício inestimável para a qualidade das águas e para a valorização da paisagem, com reflexo bastante positivo na vida da comunidade daquela região. Cabe ressaltar que, apesar de tratar-se de uma intervenção pontual, tem se mostrado como exemplo de intervenção no espaço público, que integra a presença da água à utilização do lugar.

## 5. CONCLUSÃO

Um dos elementos vitais para a humanidade, a água é vinculada à sobrevivência e ao desenvolvimento socioeconômico das populações urbanas. Nas cidades atuais, em seus processos de antropização, muito se negligenciou nos aspectos relacionados ao gerenciamento dos recursos hídricos, ao insuficiente controle sanitário das águas poluídas por esgotos, ou mesmo aos modelos de drenagem urbana, o que tende a aumentar a responsabilidade das gestões públicas do presente e os desafios das gerações futuras na solução desses problemas aqui apontados.

Foram reunidos neste estudo, dois casos situados em duas grandes cidades da América Latina e, portanto, fora do circuito das cidades europeias e norte-americanas. Correspondem a situações bastante distintas na escala e complexidade da iniciativa, embora possam ser aproximadas nos seus critérios mais gerais de projeto e nos resultados pretendidos. Ambas trazem à questão do planejamento urbano a importância da presença da água na paisagem urbana, tratada como elemento integrante dessa paisagem e que a valoriza. Evidenciam também a necessidade de utilização das bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades de planejamento e projeto, e principalmente, demonstram a urgência no enfrentamento do desafio de integração de saberes, em geral, compartimentados nas especialidades do conhecimento. Parte considerável de iniciativas como as relatadas dependem da revisão dos conceitos de intervenção em áreas urbanas, da divulgação das iniciativas ligadas à melhoria da qualidade ambiental fora dos meios acadêmicos, para que cada vez mais, os agentes que interferem nas cidades possam convergir para práticas que compatibilizem a construção da cidade com as dinâmicas naturais.

Os rios e córregos, quando deixam de ser considerados barreiras indesejáveis, convertendo-se em espaços integrados à paisagem urbana, passam a ter papel preponderante na promoção do bem-estar da população e no aumento da sua qualidade de vida. A conscientização dos agentes públicos com relação a programas e propostas de planejamento e remodelação das cidades necessita ser integrada à formação de executores que estejam preparados para incorporar novas formas de fazer, de modo que ações sustentáveis estejam presentes em todo o processo. Com certeza, o sucesso dessas iniciativas é ainda maior com o apoio e envolvimento da população, especialmente, por fiscalizar as ações do Poder Público, exigir práticas sustentáveis e, ainda mais, por perceber a importância do seu papel na apropriação desses espaços e nos cuidados com a manutenção.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonucci, D.; Bueno, L. *A construção do espaço público em Medellín. Quinze anos de experiência em políticas, planos e projetos integrados*. In: *Arquitextos*, São Paulo, 2018. Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/19.218/7022>>.
- Cabezas, C. *Primeiro lugar no concurso internacional para o Parque do Rio Medellín*. in *archdaily concursos*, 2014. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-165814/primeiro-lugar-no-concurso-internacional-para-o-parque-do-rio-em-medellin>>.
- Castro, F. *Concurso internacional: Parque do Río Medellín*. Disponível em <<https://www.archdaily.com.br/br/01-124297/concurso-internacional-parque-do-rio-medellin>>.
- Conisa R. *Planta de tratamiento San Fernando*. Disponível em <<https://www.coninsa.co/proyectos/saneamiento/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-san-fernando>>.
- Cormier, N. Pellegrino, P. *Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana*. *Paisagem e Ambiente* n. 25. São Paulo: FAU-USP, 2008



- *Horta das Corujas*. Disponível em: <<https://hortadascorujas.wordpress.com/>>.
- Landgraf, F. J. G. *A reforma da praça Ibarbury: Córrego das Corujas*. Disponível em: <<http://www.terrasraras.com.br/corregodascorujas/reformadapraça/reformadaPraca.html>>
- Lyle, J. Tillman. *Design for human ecosystems landscape, land use and natural resources*. New York: VNR Company, 1985
- McHarg, I. *Design with nature*. New York: The Natural History Press. Garden City, 1969
- Medellín, Alcaldía de; Medellín, parques del río. diapositiva 1. Medellín: Alcaldía de Medellín, 2014. color. Disponível em <[https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/subportaldelciudadano\\_2/plandedesarrollo\\_0\\_16/publicaciones/shared%20content/documentos/2014/presentacionparquesriomedellin\\_servidores.pdf](https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/subportaldelciudadano_2/plandedesarrollo_0_16/publicaciones/shared%20content/documentos/2014/presentacionparquesriomedellin_servidores.pdf)>.
- Miklos. *Praça das Corujas: Reforma*. Disponível em: <<http://pracadascorujas.blogspot.com/2009/04/praca-das-corujas-objetivo-projeto-de.html>>.
- Niero, E. *Praça das Corujas*. Disponível em: <[http://elzaniero.com.br/urb/praca\\_corujas.html](http://elzaniero.com.br/urb/praca_corujas.html)>.
- Oliveira, E. M. de; Corrêa, M.; BONZI, S. e R. S. *Aplicação do desenho ambiental para a bacia do córrego das corujas: potencialidades e limitações na implantação de um parque linear*. In *Labverde: Parques lineares na cidade de São Paulo*, São Paulo, v. 4, n. 4, p.31-62, maio 2012. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/deprojeto/revistalabverde/edicoes/ed04.pdf>>.
- Pellegrino, P. R. M. *Uma máquina trituradora de projetos: a experiência de reurbanização de uma praça pública*. In *Revista Labverde*, (4), 264-268. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i4p264-268>.
- Sáenz, I. *¿En qué está el proyecto Parques del Río en Medellín?* Disponível em <<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/797527/en-que-esta-el-proyecto-parques-del-rio-en-medellin>>.
- Spirn, A. W. *O jardim de granito*. São Paulo: Edusp, 1995
- Vásquez, C. G. (2016). *Reinterpretação de espaços subutilizados na cidade contemporânea: análise dos vazios industriais de Medellín*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Faculdade de Arquitetura de Florianópolis, Brasil.

# A PRAÇA DA CIDADANIA E A SUA IMPORTÂNCIA PARA A QUALIDADE DA PAISAGEM URBANA

Vivian Dall'Igna Ecker (vivianecker@gmail.com)

Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI); Faculdade Metropolitana de Rio do Sul / Santa Catarina - Brazil

**Palavras chave:** qualidade da paisagem urbana; campus universitário; praça.

*INTRODUÇÃO: Nas cidades, quando há falta de integração espacial, os ecossistemas tendem a constituir-se como fragmentos de paisagem, o que vêm a comprometer o desempenho ambiental. A fim de contribuir para uma ação direcionada à sustentabilidade, a abordagem sistêmica pode atuar, na escala microrregional, através da implementação de um sistema de áreas verdes nas cidades. Estas áreas verdes realizariam a gestão do microclima e da paisagem, através de parques, praças e jardins, por exemplo. OBJETIVO: Nas praças, a criação e a manutenção de áreas verdes justificam-se pela contribuição ao bem-estar humano e ao desempenho ambiental. Nesta pesquisa, objetiva-se descrever as principais características da praça central do Campus da UFSC, a Praça da Cidadania, entendida como um espaço referencial, do ponto de vista ambiental, para o campus e o seu entorno urbano. A praça também é um importante espaço de centralidade, para as práticas de sociabilidade da comunidade universitária. MÉTODO: O procedimento técnico utilizado foi o de pesquisa bibliográfica, esclarecendo as noções e definições acerca da temática. Inicialmente, serão apresentados os conceitos de “área verde” e de “praça”, que fundamentam a pesquisa. A seguir, serão apresentadas as principais características da Praça da Cidadania, entendida como um espaço referencial, para o cotidiano da universidade. RESULTADOS: A Praça da Cidadania foi projetada por um importante paisagista brasileiro, Roberto Burle Marx, e nela podem ser identificados atributos, que definem a praça como um espaço referencial para a valorização paisagística e ambiental. Muitas espécies, por ele propostas, tornaram-se referenciais ao paisagismo brasileiro, e são empregadas até hoje, no projeto de parques, praças e jardins. CONCLUSÃO: Em seu desenvolvimento, a presente pesquisa objetivou descrever, inicialmente, os conceitos de “áreas verdes” e de “praça”, elucidando-os como a sua fundamentação teórica. A seguir, descreveu as principais características da praça central do Campus da UFSC, a Praça da Cidadania. Com a descrição destas informações, espera-se contribuir com estudos que avancem em soluções para a qualidade da paisagem urbana.*

## 1. INTRODUÇÃO

Nas cidades, quando há falta de integração espacial, os ecossistemas tendem a constituir-se como fragmentos de paisagem, o que vêm a comprometer o desempenho ambiental. A fim de contribuir para uma ação direcionada à sustentabilidade, uma abordagem sistêmica pode vir a atuar, na escala microrregional, através da implementação de um sistema de áreas verdes. Estas áreas verdes realizariam a gestão do microclima e da paisagem, através de parques, praças e jardins, por exemplo. Com base neste pressuposto, acredita-se que a qualidade da paisagem urbana está diretamente relacionada com a existência de áreas verdes nas cidades, e a presente pesquisa objetiva contribuir com estudos orientados a tal abordagem, ao utilizar como estudo de caso a Praça da Cidadania, localizada no Campus da UFSC.

## 2. OBJETIVO

Nas praças, a criação e a manutenção de áreas verdes justificam-se pela contribuição ao bem-estar humano e ao desempenho ambiental. Nesta pesquisa, objetiva-se descrever as principais características da praça central do Campus da UFSC, a Praça da Cidadania, entendida como um espaço referencial, do ponto de vista ambiental, para o campus e o seu entorno urbano. A praça também é um importante espaço de centralidade, para as práticas de sociabilidade da comunidade universitária.

## 3. METODOLOGIA

O procedimento técnico utilizado foi o de *pesquisa bibliográfica*, esclarecendo as noções e definições acerca da temática. Adotou-se o método de consulta à documentação, obtendo-se informações em livros, periódicos, artigos, teses e páginas eletrônicas, produzidos por autores referenciais na temática. Inicialmente, serão apresentados os conceitos de “área verde” e de “praça”, que fundamentam a pesquisa. A seguir, serão apresentadas as principais características da Praça da Cidadania, entendida como um espaço referencial, para o cotidiano da universidade.

## 4. RESULTADOS

A Praça da Cidadania foi projetada por um renomado paisagista brasileiro, Roberto Burle Marx, e nela podem ser identificados atributos que a definem como um espaço de grande importância, para a valorização paisagística e ambiental. Em seu desenho paisagístico, Burle Marx explorou formas, cores e texturas, em composições livres e abstratas. Muitas espécies, por ele propostas, tornaram-se referenciais para o paisagismo brasileiro, e são empregadas até a atualidade, no projeto de parques, praças e jardins. A seguir, serão apresentados os conceitos de “áreas verdes” e “praça”, que estruturam a pesquisa, finalizando-se com a apresentação das principais características da praça em estudo.

### 4.1 Áreas verdes

Nas praças, a criação e a manutenção de áreas verdes justificam-se pela contribuição ao bem-estar humano e ao desempenho ambiental das cidades. A contribuição ao bem-estar humano está relacionada à Percepção Ambiental, área do conhecimento cujos estudos descrevem a influência da vegetação sobre o comportamento humano, e buscam elucidar os benefícios da interação do homem com o ambiente natural (KAPLAN, 1998). Estes benefícios evidenciam o incentivo à criatividade e ao desenvolvimento humano, a redução dos níveis de estresse, e o poder de recuperação, concentração e alívio, proporcionados pelo contato humano com a vegetação (VALESAN, 2009).

A contribuição ao desempenho ambiental das cidades atesta que a vegetação contribui, de modo significativo, para o conforto ambiental, influenciando positivamente nas condições do solo, no ciclo hidrológico e na quantidade e diversidade da flora e fauna. A implementação de áreas verdes, em detrimento a áreas impermeáveis, auxilia no equilíbrio solo-clima-vegetação, ao atuar no controle da erosão do solo e contribuir para as estratégias de drenagem urbana (MASCARÓ, 1996). As áreas verdes também contribuem para equilibrar o microclima urbano, pois neutralizam as ilhas de calor, reduzem os ventos frios de inverno, controlam a intensidade da radiação solar, temperatura e umidade, e atenuam os extremos climáticos, melhorando as condições de habitabilidade nas cidades (MASCARÓ, 1996; SATTLER, 2007; LOBODA; ANGELIS, 2005).

Especialistas atestam que cidades com elevado número de praças possuem vantagens que se refletem na diminuição da poluição atmosférica, na existência de grandes áreas com acesso à insolação, na atenuação dos níveis de ruído e na melhoria da estética urbana, devido à presença de vegetação em seus espaços. Em climas quentes, a vegetação se

converte em condicionador térmico, interceptando e absorvendo, através das folhas, até 90% da energia solar incidente (RIVERO, 1986 apud SATTLER, 2007<sup>20</sup>). Estudos comprovam que uma superfície revestida com grama, exposta ao sol, apresenta temperaturas consideravelmente inferiores àquelas apresentadas por superfícies revestidas com materiais tradicionais de construção (como um passeio revestido com pedra, por exemplo), à sombra (SATTLER, 2007).

As áreas verdes são uma categoria de espaço livre, com características predominantemente naturais, independente do porte da vegetação (MAGNOLI, 2006). Autores citam, porém, que nem todas as praças são consideradas verdes, quando estas não possuem vegetação, mas apenas superfícies impermeabilizadas (OLIVEIRA, 1996). As praças podem ser de propriedade pública ou privada, mas serão consideradas verdes, portanto, desde que apresentem algum tipo de vegetação, com dimensão vertical significativa. De acordo com autores, para serem consideradas áreas verdes, as praças devem ter a predominância de áreas vegetadas (com cobertura vegetal e solo permeável) que ocupem, pelo menos, 70% de sua área total (BUCHERINI FILHO; NUCHI, 2006).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), considera-se área verde *"o espaço, de domínio público, que desempenha função ecológica, paisagística e recreativa, e propicia a melhoria da qualidade estética, funcional e ambiental da cidade, sendo dotado de vegetação e espaços livres de impermeabilização"*. Benini e Martin (2010) conceituam área verde como *"todo espaço livre que foi apropriado como de uso comum, com algum tipo de vegetação (espontânea ou plantada) que contribua em termos ambientais (fotossíntese, evapotranspiração, sombreamento, permeabilidade, conservação da biodiversidade, mitigação dos efeitos da poluição sonora e atmosférica) e que seja utilizado com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais"*.

Nas cidades, as áreas verdes estão presentes numa variedade de situações: em áreas públicas; nos canteiros centrais do sistema viário; nas praças, parques, florestas e unidades de conservação; em áreas de preservação permanente; nos jardins institucionais; e nos terrenos públicos não edificados, estas últimas classificadas como áreas verdes públicas ou de uso coletivo<sup>21</sup> (MMA, 2006). Um dos critérios para definir a distribuição das áreas verdes nas cidades é considerar o índice de área verde por habitante (IAV). A ONU recomenda que as cidades tenham, no mínimo, 18 m<sup>2</sup>/hab. No Brasil, é reconhecido, em média, o índice de 15 m<sup>2</sup>/hab de áreas verdes destinadas à recreação, recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana<sup>22</sup> (SBAU, 1996).

Nas cidades, a proposição de um sistema de áreas verdes implica em reconhecer os conceitos desenvolvidos pela ecologia da paisagem. A ecologia da paisagem estuda a relação existente, numa dada paisagem, entre padrões, fluxos e processos ecológicos (PENTEADO; ALVAREZ, 2007). De acordo com Metzger (2001), o ponto de partida da ecologia de paisagens é semelhante ao da ecologia de ecossistemas, na qual se identificam estruturas organizacionais que, conectando diferentes ecossistemas, contribuem para o desempenho ambiental. A ecologia de paisagens pode ser entendida como uma ecologia de interações espaciais entre as diferentes unidades da paisagem (METZGER, 2001).

---

<sup>20</sup> RIVERO, R. *Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D.C. Luzzato, 1986.

<sup>21</sup> Estas últimas compreendem as praças, parques, bosques urbanos e áreas arborizadas dentro dos complexos históricos.

<sup>22</sup> Identifica-se, entretanto, uma grande variabilidade nas cidades brasileiras: São Paulo (devido à intensa urbanização dos últimos 50 anos, e a presença de 97,5% da população ocupando a zona urbana) possui o índice de área verde pública de 2,9m<sup>2</sup>/hab; já Curitiba, apresenta um índice de 64,5 m<sup>2</sup>/hab (o mais alto do país).

A partir desta abordagem, entende-se que a conexão entre as áreas verdes da cidade será fundamental para viabilizar os intercâmbios ecológicos, de movimentação da fauna e flora, uma vez que o ecossistema urbano funciona de forma dependente do ambiente natural (TARDIN, 2008). A fim de garantir-se o desempenho ambiental, é fundamental planejar as áreas verdes de forma integrada: cada edificação, ou espaço público, com suas áreas verdes circundantes, devem ser projetados não só como um sistema em si, mas como parte de um sistema maior, que por sua vez é um subsistema de outro sistema, e assim por diante. A abordagem sistêmica, na proposição de áreas verdes, contribuirá para o desempenho ambiental, em duas escalas: à escala macrorregional, na gestão ambiental da cidade, e à escala microrregional, na gestão do microclima e da paisagem local.

A partir destas afirmativas, considera-se a importância de conectividade das áreas verdes do campus, com as áreas verdes de seu entorno urbano. Também, considera-se a conectividade entre todas as áreas verdes existentes no perímetro interno ao campus (incluindo-se àquelas da Praça da Cidadania), a fim de obter-se um melhor desempenho ambiental do conjunto, devido à função ecológica exercida pelo sistema de áreas verdes. Tendo-se apresentado este conceito, agora discorrer-se-á sobre o conceito de praça.

#### 4.2 Praça

De acordo com Vaz (2002), as praças são os espaços públicos nos quais ocorrem os encontros do cotidiano, e possuem qualidades arquitetônicas e paisagísticas que favorecem a interação social. Estas qualidades serão traduzidas em uma série de ambiências, cujas configurações variam de acordo com a natureza do espaço, e a sua função de uso. Segundo o autor, o termo praça deriva do latim *platea* (rua larga), designando, na linguagem coloquial brasileira, um tipo particular de espaço público – uma forma arquitetônica aberta. O caráter da praça será definido por um conjunto de atributos, organizados em determinada disposição cenográfica: nas praças, a diversidade de eventos (as atividades, as cenas de encontro, os grupos a conversar, os indivíduos a olhar o movimento) constituem referências que afirmam a sua centralidade, e caracterizam a sua vocação como um espaço urbano referencial – um ponto nodal, um espaço de convergência (VAZ, 2002). De acordo com Vaz (2002), esse potencial é verificável, sobretudo, nas praças incorporadas às áreas centrais das cidades, às articulações do sistema de transporte coletivo e às áreas comerciais mais dinâmicas. Complementando estas definições, autores referenciais também discorrem sobre o conceito de praça:

- De acordo com Sitte (1992), a praça, na cidade tradicional, bem como a rua, estabelecia estreita relação do espaço livre com o conjunto edificado envolvente (as fachadas as edificações), organizando o cenário urbano. Revelava uma arquitetura de grande apuro, onde se concentravam os principais edifícios da cidade, oficiais ou religiosos, ficando os demais edifícios em um plano de inferior importância. Por esta razão, no perímetro das praças se edificavam as instituições referenciais (tais como igrejas, palácios governamentais, câmaras legislativas, fóruns).
- Para Lamas (1993), a praça é um componente morfológico das cidades ocidentais que, distinguindo-se de espaços que são o resultado acidental do alargamento ou da confluência de traçados, caracteriza-se pela organização espacial e pela intencionalidade de desenho. A este propósito, Lamas (1993) ainda define a praça como o lugar público do encontro, da permanência, do comércio e da circulação, que funciona como palco para acontecimentos festivos, comemorações e manifestações, no qual a arquitetura possui destaque. Para o autor, a praça possui função de convívio, geralmente está inserida no tecido urbano com área aproximada à de uma quadra, e contém expressiva cobertura vegetal, mobiliário urbano e infraestrutura.
- Lynch (2011) define que as praças são espaços nos quais proporcionar o bem-estar dos indivíduos é o principal objetivo. Em relação à morfologia urbana, sobretudo por



preencher o tecido urbano com seu caráter de espaço plurifuncional, as praças atuam

- como referência espacial na paisagem conformada pelas edificações. E, por funcionarem como pontos nodais no tecido urbano, contribuem para a apropriação social dos espaços da cidade.
- Para Caldeira (2007), as praças têm desenvolvido, na cultura ocidental, um papel referencial: toda cidade possui uma praça que se destaca, como palco de eventos históricos, espaço agregador, local de convergência, símbolo urbano. A praça é uma tipologia comum às culturas urbanas de origem européia ocidental, associada à imagem de espaço livre, cercado de edificações. Sustenta um patrimônio rico em história e tradição, configurando-se como um local com elevado conteúdo simbólico.
- De acordo com Mascaró (1996; 2007), a praça é um espaço livre, de uso coletivo, que possui funções urbanas e arquiteturas significativas. É um local com configuração singular, delimitada pelas fachadas das edificações que a circundam, compreendida como uma subtração no conjunto edificado. Nela, a vegetação, o mobiliário, a infraestrutura, os equipamentos, a iluminação pública, os percursos peatonais, a drenagem das águas pluviais, os usos do solo, entre outros, são indispensáveis para atrair a população e para garantir a qualidade da paisagem urbana. A presença da vegetação contribui, particularmente, para garantir o bem-estar humano e para favorecer o desempenho ambiental.

Nesta pesquisa, a partir das informações elencadas, conceitua-se o termo praça como “o espaço público urbano, com características de convergência e centralidade, que está destinado às práticas de sociabilidade, e no qual está prevista uma porcentagem significativa de áreas verdes, destinada a cumprir funções ecológicas”. A partir desta definição, entende-se que a praça, no campus universitário, possui peculiaridades, ainda que direcionadas a um público específico, que a definem como um local orientado à sociabilidade da comunidade universitária, e que exerce um importante papel na manutenção do desempenho ambiental do campus.

### 4.3 Praça da Cidadania

Na perspectiva do principal eixo de acesso ao campus, localiza-se a Praça da Cidadania. A praça foi projetada por Roberto Burle Marx, em 1970, como parte de um plano paisagístico global para todo o campus (PD-CT, 2010). A praça foi, desde o início, o ponto marcante da proposta: Burle Marx considerou a edificação existente da Reitoria, propondo uma praça cívica em frente à edificação, no local onde originalmente era um local de circulação de pedestres, ônibus e carros (NECKEL; KÜCHLER, 2010). Sua localização reforça a característica de ponto nodal, transformando o espaço, inicialmente composto por edificações desconexas, em uma praça articulada e plurifuncional. Uma questão fundamental na proposta foi a humanização de seus espaços, voltando as atenções para o cuidado com as edificações, os espaços públicos e os ajardinamentos.

Atualmente, a praça consolidou-se como um pólo sociocultural e educativo, e centraliza os principais eventos e atividades de ensino, pesquisa e extensão da universidade. Localiza-se no centro geográfico do campus, caracterizando um local de passagem, de conexão e distribuição espacial, onde mais de 18 mil pessoas circulam diariamente (PDC, 2005). Sua paisagem é marcada pela circulação de pedestres, que constituem população heterogênea e permanente, para os quais a amplitude da esplanada possibilita a livre circulação. O movimento de pedestres torna-se intenso, sobretudo, ao meio-dia e ao final da tarde. Pela manhã, não se identifica tal característica, o que leva a concluir que a comunidade universitária possui distintos horários, para iniciar a jornada de estudos e trabalho.

A Praça da Cidadania foi concebida com base na funcionalidade do urbanismo moderno e na plasticidade da arquitetura paisagística do período. Seus traços imprimem um aspecto de fluidez, que dialoga com a vocação da praça central, como local de distribuição espacial. No desenho paisagístico, Burle Marx considerou uma proporção de superfícies pavimentadas maior do que de superfícies ajardinadas. Esta configuração foi utilizada nos espaços voltados à função cívica do período modernista, nos quais a supremacia do poder político era expressa através da monumentalidade dos espaços públicos (CALDEIRA, 2007). Era característica das praças modernistas, também, a proposição de grandes superfícies pavimentadas, definindo uma ampla esplanada, quase totalmente livre (TÂNGARI, 2010).

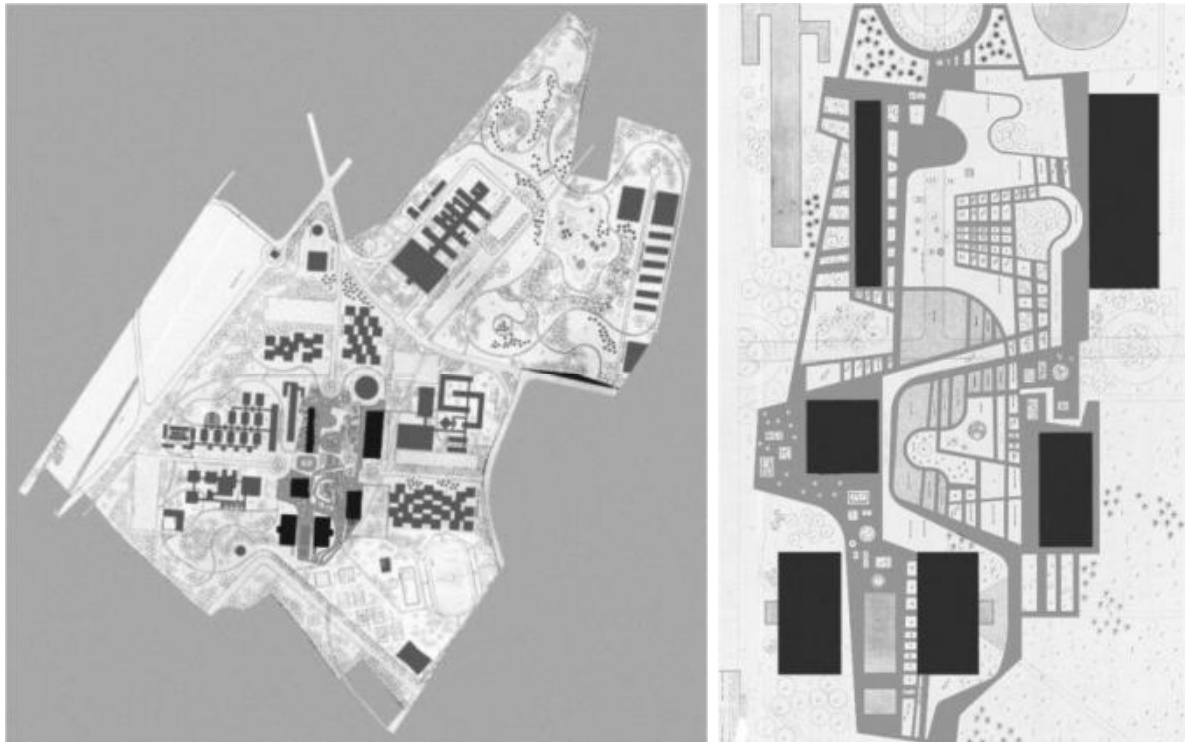


Figura 1: 1) Plano paisagístico global de Burle Marx, para o Campus da UFSC, elaborado em 1970.  
2) Projeto da Praça da Cidadania, também de elaboração de Burle Marx (DPAE, 2015).

As edificações no entorno da praça sediam formaturas, congressos, seminários e eventos. A praça está delimitada, à leste, pela Reitoria, à oeste pelo Centro de Comunicação e Expressão (CCE) e pelo Centro de Convivência (CC), à norte pelo Templo Ecumênico, e à sul pelo Centro de Cultura e Eventos (CE) e o Restaurante Universitário (RU). Destas, as mais antigas são a Reitoria e o CCE (antigo Ciclo Básico), que datam de 1960. Estão localizadas de frente uma para a outra, voltadas ao centro da esplanada. Ambas, tendo parte de seus pavimentos térreos com área livre sob pilotis e amplo hall central, acolhem as funções culturais e de convívio da universidade, além de atividades de administração e de ensino. São edificações que emolduram, na praça, uma paisagem característica do período modernista.

De acordo com Caldeira (2007) em torno da esplanada modernista caracterizavam-se espaços-cenários, cuja função primordial era estruturar o conjunto de edificações institucionais. A Praça da Cidadania foi idealizada, urbanisticamente, como uma centralidade político-administrativa, representada pela edificação da Reitoria. Atualmente, a Reitoria continua exercendo o papel de protagonismo na praça: possui auditório e hall central, com funções socioculturais e educativas, bem como políticas e administrativas. Os dois canteiros em frente à edificação distam um do outro, configurando uma esplanada, que reforça a característica de largo político-democrático. As funções de uso deste espaço sugerem que se mantenha a área livre, de modo a preservar o caráter cívico da praça. A esplanada serve como hall externo à edificação, onde ocorrem diversas atividades, tais como manifestações políticas.

A praça possui dimensões aproximadas de 150m x 150m. É uma ampla área livre, se comparada aos demais espaços públicos do campus, composta por ajardinamentos e por uma esplanada pavimentada, em petit-pavé (pedra portuguesa). Esta pavimentação, permeável, contribui para a drenagem das águas de escoamento superficial da praça. A esplanada reforça o seu caráter monumental. Abriga as atividades diárias do campus, e distingue-se pela pluralidade funcional. Esporadicamente, são sediados eventos de maior porte na esplanada, para os quais são montadas estruturas de caráter temporário. Complementarmente, a humanização de seus espaços, fundamental para a sociabilidade, é garantida através da amenização dos estares existentes, da pluralidade funcional e da ambientação paisagística de seus ajardinamentos.



Figura 2: ajardinamentos da Praça da Cidadania: 1) canteiros ornamentais; 2) esplanada em petit-pavet, em frente à Reitoria; 3) canteiro com funções de uso, em frente à Reitoria; 4) canteiros ornamentais, localizados em frente à Reitoria (fotos da pesquisadora).

Nos ajardinamentos da praça, Burle Marx utilizou espécies tropicais, cujo valor ornamental possibilitou que estas fossem empregadas em sua condição natural. Os ajardinamentos definem um cenário visual no qual a vegetação é um elemento compositivo, e simboliza o modelo de praça ajardinada do período modernista<sup>4</sup>. A praça foi planejada para que a vegetação atuasse como moldura tropical das edificações. Os ajardinamentos foram desenhados em uma expressividade gestual, que se opunha ao geometrismo, revelando as seguintes características da praça modernista tradicional (SANTOS, 1999):

- A formação de uma extensa paisagem, que confere à praça o caráter de monumentalidade;
- A definição de um amplo espaço emoldurado por edificações, reforçando o caráter de centralidade;
- A conformação de um espaço simbólico, relacionado ao poder político-administrativo da universidade, devido às edificações representativas em seu perímetro, com destaque para a Reitoria.
- A geometrização dos desenhos de piso, colocando em destaque o plano horizontal da ampla esplanada;



- O emprego de espécies de palmeiras, acentuando a dimensão da verticalidade;
- A oposição entre espécies verticais e rasteiras;
- A repetição de uma única mesma espécie num mesmo canteiro, a fim de ressaltar as qualidades essenciais da mesma.

Atualmente, não há um espaço ou elemento em destaque na praça, no entanto é nítida a hegemonia da esplanada, em relação aos demais espaços, acentuando a monumentalidade e a extensão que lhe são características. Embora não hajam eixos, simetrias ou repetições rítmicas estabelecidos, a composição dos ajardinamentos e a pavimentação em pedra portuguesa, revestindo, uniformemente, quase toda a extensão da praça, contribuem para garantir a sua unidade. A ampla esplanada permite visuais com profundidade de visão. Facilita a identificação das distâncias a serem percorridas, e gera visuais panorâmicas em todas as direções, identificando-se, desde o ponto central, os seus limites espaciais. A forma dos canteiros denota distintas ambiências, ao percorrer-se a praça. Estas ambiências são reforçadas pelas características da vegetação, que atua como elemento compositivo.



Figura 3: ampla área livre, caracterizando a esplanada da praça (foto da pesquisadora).

As sequências espaciais distinguem-se por superfícies pavimentadas, entremeadas por ajardinamentos, nos quais os conjuntos arbóreos, com copas altas, e os maciços arbustivos, de folhagens pouco densas, geram variação nos níveis de permeabilidade visual<sup>5</sup>. Esta condição é reforçada nas situações nas quais as copas das árvores possuem altura e porte semelhantes, possibilitando a sua leitura como um único conjunto. Os ajardinamentos estão agrupados de forma que é possível percebê-los como partes na totalidade do conjunto. O caráter ornamental dos ajardinamentos, em especial aqueles com palmeiras, conjuntos arbóreos e pequenas espécies com florações contrastantes, põe em evidência a plasticidade da vegetação, na composição paisagística da praça. A praça foi projetada como local de encontro, lazer e extensão, da comunidade universitária. Com a sua proposição, pretendia-se recuperar o sentido de percurso, interligando espaços fragmentados do campus, especialmente àqueles localizados no eixo central, transformando-a em um ponto nodal, que articula as atividades. Os valores formais impressos na Praça da Cidadania, a partir do desenho paisagístico de Burle Marx, atestam a qualidade de suas ambiências.

## 5 CONCLUSÕES

Em seu desenvolvimento, o presente artigo objetivou descrever os conceitos de “áreas verdes” e de “praça”, elucidando-os como a sua fundamentação teórica. A seguir, descreveu as principais características da praça central do Campus da UFSC, a Praça da Cidadania. No cotidiano do campus, a praça exerce uma função de centralidade, com características, em seu desenho paisagístico, que contribuem para o desempenho ambiental do campus. A partir desta pesquisa, entende-se que as praças e as áreas verdes, por sua importância, devem ser contempladas no projeto dos campi e de seus espaços abertos. Por fim, tem-se que, pelo fato de a universidade concentrar inúmeros saberes, e de estar constantemente

produzindo e atualizando conhecimento, esta se distingue como um espaço, em potencial, para a realização de pesquisas que busquem avançar em soluções para a qualidade da paisagem urbana.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENINI, S.M.; MARTIN, E.S. *Decifrando as áreas verdes públicas. Revista Formação, n.17, volume 2 – p. 63-80. 2010.*
- BUCHERINI FILHO, A.T.; NUCCI, J.C. *Espaços livres, áreas verdes e cobertura vegetal no bairro Alto da XV, Curitiba/PR. Revista do Departamento de Geografia, 18 (2006) 48-59.*
- CALDEIRA, J.M. *A praça brasileira. Trajetória de um espaço urbano: origem e modernidade. Tese de doutorado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, UNICAMP, 2007.*
- DPAE (Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia). *Setor de Arquivamento. Responsável Técnico: Cristiano Lutz. 2015.*
- KAPLAN, R.; KAPLAN, S.; RYAN, R. L. *With people in mind: design and management of everyday nature. Washington: Island Press, 1998.*
- LAMAS, J. M. R.G. *Morfologia Urbana e Desenho da Cidade. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1993.*
- LOBODA, C.R.; ANGELIS, B.L.D. *Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. Ambiência. Guarapuava, v.1 n.1, p. 125-139. Jan/jul. 2005.*
- LYNCH, K. *A Imagem da Cidade. 3ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.*
- MAGNOLI, M.E.M. *Em busca de outros espaços livres de edificação. Paisagem e Ambiente: Ensaios, São Paulo: FAUUSP, n. 21, p. 143-173, 2006.*
- MASCARÓ, L. *Ambiência Urbana. Porto Alegre: +4 Editora, 1996.*
- MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. *Vegetação Urbana. Porto Alegre: +4 Editora, 2010.*
- METZGER, J.P. *O que é ecologia das paisagens? Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/abstract?thematic-review+BN00701122001>. Acesso em setembro de 2015.*
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). *Definição de parques e áreas verdes. Disponível em <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/areas-verdes-urbanas/parques-e-%C3%A1reas-verdes>. Acesso em janeiro de 2015.*
- NECKEL, R.; KÜCHLER, A.D.C. *UFSC 50 anos: trajetórias e desafios. Universidade Federal de Santa Catarina. Editora da Universidade. Florianópolis, 2010.*
- OLIVEIRA, C.H. *Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 1996.*
- PENTEADO, H.M.; ALVAREZ, C.E. *Corredores verdes urbanos: estudo da viabilidade de conexão das áreas verdes de Vitória. Paisagem Ambiente: ensaios - n. 24 - São Paulo - p. 57 - 68 – 2007.*
- SANTOS, C.F. *Campo de producción paisajística de Roberto Burle Marx – El jardín como arte público. Universidad Politécnica de Madrid. Mestrado no Departamento de Composição Arquitetônica, 1999.*
- SATTLER, M. A. *Habitações de baixo custo mais sustentáveis: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis. Coleção Habitare/FINEP. Porto Alegre, 2007.*
- SBAU (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana). *“Carta a Londrina e Ibiporã”. Boletim Informativo, v.3, n.5, p.3, 1996.*
- SITTE, C. *A construção das cidades segundo seus princípios artísticos. Tradução Ricardo Ferreira Henrique. São Paulo: Ática, 1992. Texto original de 1889.*



- TÂNGARI, V.R.; LOPES, A.R.G. *Análise comparativa da transformação e da morfologia da paisagem de dois espaços públicos adjacentes: a Praça Paris e a Esplanada do Monumento aos Mortos da Segunda Guerra Mundial, no Bairro da Glória, Rio de Janeiro. Paisagem & Ambiente: Ensaio - n. 27 - São Paulo, 2010.*
- TARDIN, R. *Sistema de Espaços Livres Públicos. 2008.*
- UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). *Plano Diretor do Campus da UFSC: Diretrizes e Proposições (PDC). Comissão Permanente de Planejamento Físico (CPPF). Florianópolis, 2005.*
- UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina). *Plano Diretor do Campus Universitário da Trindade. Revisão conceitual, definições urbanísticas e ambientais. Versão Preliminar para debate com a sociedade (PD-CT). Coordenadoria de Planejamento. (COPLAN). Florianópolis, 2010.*
- VALESAN, M. *Percepção Ambiental de moradores de edificações com pele-verde em Porto Alegre. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS.*
- VAZ, N. P. *La place publique comme espace de communication. La place publique centrale de Florianópolis au Brésil et la place parisienne. Saarbrücken, Editions Universitaires Europeennes EUE, 2002. 204 p.*

## CAMPUS UNIVERSITÁRIO: SUA PAISAGEM E AMBIÊNCIAS

Vivian Dall'Igna Ecker ([vivianecker@gmail.com](mailto:vivianecker@gmail.com))

Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI); Faculdade Metropolitana de Rio do Sul / Santa Catarina - Brazil

**Palavras chave:** qualidade da paisagem urbana; campus universitário; ambiências.

*INTRODUÇÃO: O modelo de campus universitário teve suas origens na Europa e foi, posteriormente, reinterpretado ao contexto norte-americano. Sua configuração define uma paisagem marcada por edificações e pelo desenho paisagístico dos espaços abertos, com ambiências propícias à realização das atividades acadêmico-científicas. No campus universitário, a pluralidade funcional e a diversidade da comunidade universitária contribuem para fortalecer as práticas de sociabilidade, e seu padrão congrega edificações e espaços abertos, em um único território. OBJETIVOS: Esta pesquisa objetiva identificar e sistematizar conceitos acerca do projeto de campi universitários, descrevendo os atributos que caracterizam a qualidade espacial de seu conjunto edificado, e espaços abertos. Com isto, intenciona-se resultar em um repertório de diretrizes projetuais, que contribua para o desenvolvimento de projetos de campi. METODOLOGIA: Os procedimentos técnicos realizados na pesquisa abrangeram o levantamento bibliográfico, a leitura, a análise e a interpretação de diferentes fontes, identificando importantes autores que versam sobre a temática, e que serviram de fundamentação teórica para a abordagem adotada. Considerou-se que as ambiências do campus serão configuradas por uma série de atributos, que influem e resultam na qualidade da paisagem urbana. Estes atributos determinam o desenho do campus, e estão relacionados a cinco principais tópicos: 1) edificações; 2) rotas de circulação; 3) elementos urbanos; 4) atividades; 5) ajardinamentos. CONCLUSÃO: No campus universitário, a configuração das edificações contribui para garantir o ordenamento do espaço físico e, conseqüentemente, para a configuração de espaços abertos, nos quais ocorrem as práticas de sociabilidade. No campus, a unidade do conjunto edificado, e de seus espaços abertos, possibilita com que exista uma identidade coesa, que reflète-se em seu imaginário, e de seus usuários. Destes pressupostos, resultou a intenção em desenvolver esta pesquisa. Com os resultados alcançados, espera-se que tenha-se contribuído para a definição de diretrizes projetuais, orientadas ao projeto de campi universitários.*

### 1. INTRODUÇÃO

O modelo de campus universitário teve suas origens na Europa, e foi reinterpretado, posteriormente, ao contexto norte-americano. Sua configuração espacial define uma paisagem marcada por edificações, e pelo desenho paisagístico de espaços abertos, com ambiências privilegiadas para a realização de atividades acadêmico-científicas. Antes de sua conceituação, não existia nenhum modelo de conjunto edificado, planejado em um território delimitado, que estivesse voltado, especificamente, ao ensino. No campus universitário, a pluralidade funcional, a diversidade da comunidade universitária e o caráter democrático de seus espaços, contribuem para fortalecer as práticas de sociabilidade. Seu padrão congrega edificações e espaços abertos, em um único território.

A fim de responder de maneira satisfatória às demandas de espaço físico para as atividades de ensino, as universidades devem garantir a qualidade de seus projetos, tanto do ponto de vista do conjunto edificado, quanto de seus espaços abertos. Entende-se que as edificações

e espaços abertos do campus devem receber especial atenção, nas estratégias de planejamento e gestão da universidade. Com base nestes pressupostos, a presente pesquisa apresentará uma revisão conceitual, acerca dos atributos que conferem qualidade espacial, aos projetos de campi universitários.

## 2. OBJETIVOS

Esta pesquisa objetiva identificar e sistematizar conceitos acerca do projeto de campi universitários, descrevendo os atributos que caracterizam a qualidade espacial de seu conjunto edificado, e espaços abertos. Com isto, intenciona-se resultar em um repertório de diretrizes projetuais, que contribua para o desenvolvimento de projetos de campi.

## 3. METODOLOGIA

Esta é considerada uma *pesquisa bibliográfica*, que objetiva esclarecer as noções e definições acerca da temática em estudo. Envolveu o levantamento, a leitura, a análise e a interpretação de diferentes fontes, que serviram de fundamentação teórica para os resultados alcançados. Adotou-se o método de consulta à documentação, obtendo-se informações em livros, periódicos, artigos, teses e páginas eletrônicas, produzidos por autores referenciais na temática.

Entende-se que autores referenciais já discorreram, em pesquisas anteriores, sobre a importância da qualidade da paisagem urbana, e objetiva-se contribuir com estudos orientados a esta abordagem. A fundamentação teórica desta pesquisa foi elaborada a partir de autores referenciais na temática. A partir deles, as informações foram sistematizadas, resultando em cinco principais tópicos, que serão apresentados nos resultados, a seguir.

## 4. RESULTADOS

Cada campus, ao estabelecer um diálogo com o entorno urbano ao qual se insere e, em resposta a uma determinada cultura, expressará, em seu espaço físico, determinados atributos que, em conjunto, virão a constituir a sua identidade. A identidade, no contexto de um campus universitário, reflete-se como uma qualidade de grande importância, uma vez que é, através dela, que a comunidade universitária afirmará importantes valores educacionais, sociais e culturais, que conduzirão as suas ações e que, conseqüentemente, resultarão em um espaço físico característico.

Parte-se do pressuposto de que as ambiências do campus universitário serão configuradas por uma série de atributos, que influem e resultam em sua qualidade espacial. Estes atributos referem-se às condições de conforto (que garantirão a permanência e a sensação de bem estar da comunidade universitária), e de funcionalidade no campus (que possibilitarão a diversidade de usuários e de atividades, ao longo do dia). Estes atributos determinarão, em conjunto, o desenho do campus.

A partir destas afirmativas, organizaram-se cinco principais tópicos, a partir dos quais os atributos, relativos à qualidade espacial de campi universitários, estarão detalhados, conforme será apresentado a seguir: 1) *edificações*; 2) *rotas de circulação*; 3) *atividades*; 4) *elementos urbanos*; 5) *ajardinamentos* (KAPLAN, 1998; MARCUS & FRANCIS, 1998; BACKES, 2004; ABBUD, 2006; MASCARÓ, 2008; BACKES, 2010; JOHN & REIS, 2010;

GEHL, 2010; BACKES, 2011; LYNCH, 2011).

### 4.1. Edificações

Quanto maior a nitidez na percepção dos limites espaciais do campus, mais fácil será o deslocamento por entre os seus espaços, e a clareza de orientação dos usuários (LYNCH, 2011). A nitidez dos limites espaciais do campus ocorrerá a partir da diferenciação de seu

perímetro em relação ao entorno urbano, ou do contraste entre superfície, forma e porte das edificações nele existentes. A fim de garantir a nitidez dos limites espaciais, é interessante que as fachadas das edificações não só estejam posicionadas em alinhamento, mas que possuam uma quantidade suficiente de aberturas, orientadas a um único espaço. A configuração de um conjunto edificado coeso, e uniforme, também contribuirá para definir uma identidade em comum ao campus, garantindo uma leitura em significativa unidade (diferentemente do que ocorreria se as edificações fossem lidas uma a uma, devido ao contraste de suas volumetrias).

Da mesma forma, o estilo das edificações, a tipologia das fachadas e uma linguagem arquitetônica consistente possibilitarão com que os aspectos identitários do campus possam ser reforçados. Por isso, as diretrizes arquitetônicas para as edificações devem contemplar uma padronização na volumetria e na materialidade do conjunto edificado, bem como priorizar as relações que este estabelece entre o interior e o exterior das edificações. A volumetria de cada edificação contribuirá para a conformação de espaços abertos, que se tornarão locais em potencial, para usos e atividades. Quanto melhor delimitados pelas fachadas das edificações, mais estes espaços possibilitarão a convergência de atividades. O ideal é estabelecer a conectividade entre as aberturas das edificações a um único espaço, de modo que este funcione como um espaço polarizador das atividades.

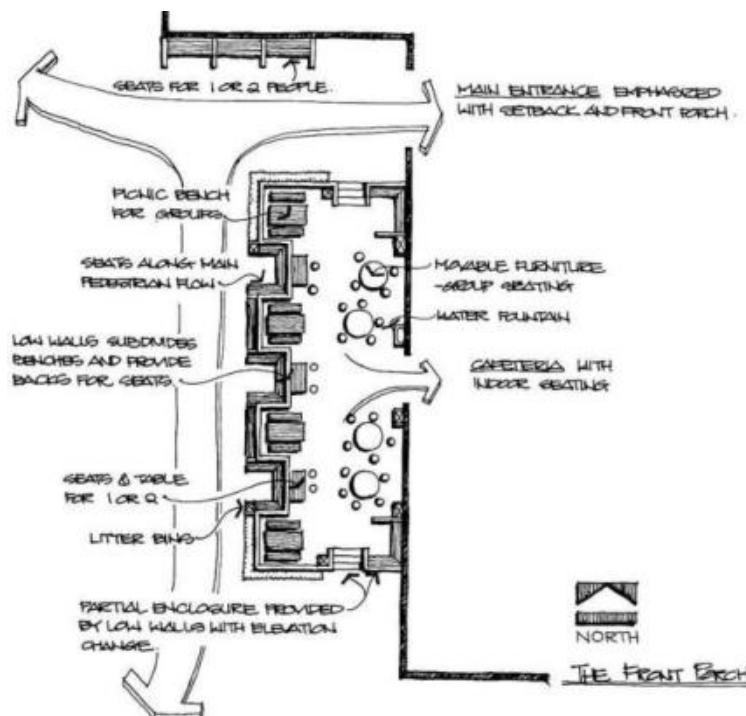


Figura 1: A concentração de usos em frente à edificação enfatiza a importância do acesso principal (MARCUS & FRANCIS, 1998).

A relação que se estabelece entre as aberturas das edificações será fundamental para garantir a fluidez nas rotas de circulação, e a integração espacial entre interior e exterior das edificações. Para que esta integração ocorra, parte-se de uma análise da configuração das rotas de circulação existentes no campus, que à edificação em estudo sejam convergentes. Nesta análise, é importante considerar o tipo de pavimentação associada a cada rota de circulação, bem como o posicionamento dos principais acessos às edificações, de modo a identificar os locais de maior relevância, do ponto de vista da integração espacial. A qualidade espacial será garantida pela maior fluidez nos percursos, determinando a franca acessibilidade às edificações, e a clara distinção dos percursos (LYNCH, 2011).

Os acessos principais às edificações devem estar alocados em proximidade, para garantir a clareza de orientação. Em conjunto, eles definirão um espaço que exercerá o papel de ponto

nodal, de centralidade, no contexto do campus. Esta centralidade será, possivelmente, caracterizada por uma maior intensidade de frequência do que os demais espaços, devido à convergência das rotas de circulação a ela. Se, nesta centralidade, as edificações possuírem maior hierarquia do que as demais edificações do campus, elas funcionarão como uma referência espacial na organização do conjunto, que poderá ser identificada de locais mais distantes (LYNCH, 2011). Em cada centralidade gerada, é interessante considerar os aspectos de visibilidade e de integração espacial, entre os espaços a ela convergentes, criando múltiplos arranjos compositivos nesta centralidade, de modo a promover a interação social.

Na interface entre as edificações e os espaços abertos, podem-se propor aberturas bem dimensionadas, e ajardinamentos. A permeabilidade visual, nos locais adequados, contribuirá para garantir a vitalidade e a segurança no campus, como atributos desejáveis, para a qualidade espacial. As áreas delimitadas pelas paredes das edificações servirão de anteparo para os ajardinamentos, e definirão espaços de permanência, com ou sem beirais. As marquises, as arcadas e galerias terão a função de contribuir para a definição de espaços de permanência temporária. No entanto, por tratarem-se de elementos que influirão diretamente na composição formal do conjunto edificado, estes devem ser estudados com atenção. Se a finalidade for a permeabilidade visual entre o interior e o exterior das edificações, as aberturas podem ser posicionadas nos locais onde as pessoas costumam circular, parar e observar o movimento (MARCUS & FRANCIS, 1998). A proposição de amplas escadarias em frente às edificações também tende a gerar um espaço de grande vitalidade, uma vez que configura-se como um local que proporciona a permanência, de modo espontâneo e natural.



Figura 2: O potencial arquitetônico dos usos em frente às edificações pode promover a sociabilidade da comunidade universitária (GOOGLE IMAGES, 2019).

Por fim, talvez o espaço de maior importância para a qualidade espacial no campus possa ser considerado o jardim frontal das edificações. Os jardins frontais tendem a possibilitar uma transição suave (paisagística e de amortecimento sonoro), entre interior e exterior, e a configurar áreas nas quais os usuários podem permanecer, por períodos prolongados (MARCUS & FRANCIS, 1998). São os locais que possuem maior atratividade, para a concentração de atividades. Estas áreas oportunizam encontros, nos intervalos de estudos e trabalho. Nelas, podem ocorrer aulas ao ar livre, ou reuniões em grupo, ou ainda ser localizadas praças de alimentação e espaços de estar. Sua utilização pode ter um significado maior aos estudantes que dedicam boa parte do tempo às atividades no campus (quanto mais os estudantes frequentarem o espaço, mais familiarizados a ele se tornarão) (MARCUS & FRANCIS, 1998).





**Figura 3:** Os espaços abertos no entorno às edificações, com ambientes de estar e permanência, promovem as práticas de sociabilidade da comunidade universitária (GOOGLE IMAGES, 2015).

#### 4.2. Rotas de circulação

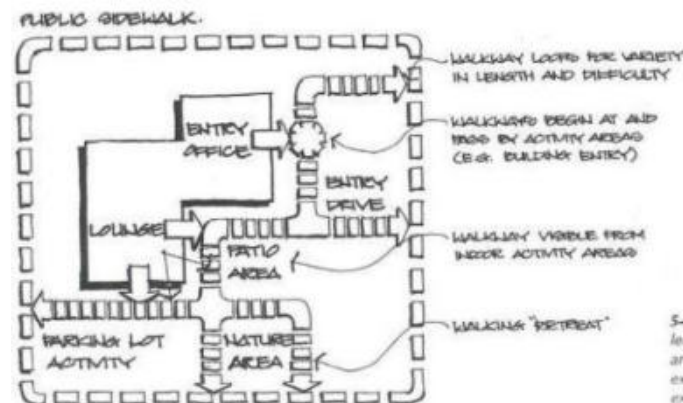
No sistema de rotas de circulação, podem ser considerados os caminhos de pedestres, as ciclovias, as entradas de serviço (de acesso limitado) e as ruas internas ao campus (com ou sem restrição de entrada de veículos). Também serão consideradas as áreas de estacionamento e de serviços, contemplando todos os elementos de sinalização necessários para a organização das rotas de circulação, de pedestres e veículos, no campus. É importante considerar a fluidez nos percursos, a fim de garantir a plena distribuição espacial, aos diferentes setores do campus. A qualidade espacial das rotas de circulação contribuirá para promover um ambiente seguro, encorajar as pessoas a caminhar pequenas distâncias e aumentar a interação social (GEHL, 2010).

Em termos de organização espacial, considera-se que as rotas de circulação sejam organizadas a partir de uma estrutura axial, com pontos nodais, a partir dos quais se desenvolve a sequência de espaços (LYNCH, 2011). Será a partir destes pontos nodais que o sistema de rotas de circulação se estruturará, e eles serão espaços em potencial, para as ambiências a serem propostas. As rotas de circulação sempre se organizarão a partir dos acessos principais do campus, até os acessos a cada uma das edificações. Haverão rotas principais e secundárias, definidas a partir da intensidade de uso, que influirão, também, na quantidade de espaços abertos, a elas vinculados. A distribuição espacial, proporcionada pelo sistema de rotas de circulação, será efetiva, na medida em que estas hierarquias estiverem bem definidas, e espacialmente demarcadas.

O acesso principal ao campus será o principal elemento a configurar as rotas de circulação. Ao projetar este acesso, é importante considerar a sua conectividade com as rotas internas ao campus. Elas conduzirão a cada uma das edificações. É fundamental que o acesso principal possua fácil acessibilidade, e as rotas de circulação possuam ambiências diferenciadas, com subespaços para permanência, estudos e encontros (MARCUS & FRANCIS, 1998). De acordo com Backes (2004), as rotas de circulação passam por um processo de hierarquização: as rotas funcionais e de serviço recebem tratamento de pisos confortáveis e seguros, enquanto as de lazer ou recreação podem ser sinuosas, conduzindo à apreciação do percurso. Os pontos de encontro devem possuir funções de uso diversificadas, favorecendo a sociabilidade.

A circulação de pedestres é um atributo que determinará a percepção territorial no campus. O alcance visual dos caminhos (através de transparências, sobreposições, articulações ou visuais panorâmicas), facilitará a orientação dos pedestres, e será estratégico para a organização dos espaços abertos, no campus (LYNCH, 2011). Os espaços sem barreiras à acessibilidade e à livre circulação garantirão a permeabilidade visual. Uma área contínua e

sem obstáculos, favorecerá a tomada de decisões ao longo dos caminhos, bem como a sensação de segurança. As rotas de circulação existentes devem ser estudadas, e novas rotas devem ser propostas, de modo a garantir a organização espacial do conjunto.



**Figura 4:** A organização das rotas de circulação, de acordo com a frequência de usos de cada espaço, contribuirá para o ordenamento do campus universitário (MARCUS & FRANCIS, 1998).

As rotas de circulação poderão ser identificadas a partir de ligações simples (ambiente a ambiente), ou através de sequências espaciais (LYNCH, 2011). A relação clara entre as partes, garantindo a clareza de orientação nas rotas de circulação, contribuirá para facilitar os deslocamentos. Em seu projeto, inicialmente definem-se os pontos nodais, para então estabelecerem-se as conexões. O predomínio de um espaço (em decorrência de sua distinção, tamanho, ou centralidade), resultará em uma maior facilidade de apreensão deste espaço, em relação ao demais, exercendo função semelhante a um ponto nodal (LYNCH, 2011). Os pontos nodais, distribuídos equitativamente no desenho das rotas de circulação, serão referenciais para a organização espacial. De acordo com Lynch (2011), os pontos não devem distar mais de 100m uns dos outros, e podem ser tratados como locais de permanência. A concentração de atividades, nos pontos nodais, estimulará as pessoas a permanecer, garantindo a vitalidade dos espaços.

Ao longo dos percursos, é interessante que existam opções de estar e permanência. O projetista deve prever caminhos para pedestres, bicicletários e acessos para transportes e serviços. Também pode tirar partido do potencial paisagístico de cada espaço, buscando a variação de ângulos ao longo dos caminhos, a fim de estimular a atenção dos usuários aos elementos da paisagem (ABBUD, 2006). A quantidade de ambiências e de elementos arquitetônicos e paisagísticos, vinculados às rotas de circulação, contribuirá para tornar os espaços abertos do campus em condições adequadas de vitalidade e segurança. Os estacionamentos podem ser estrategicamente localizados, permitindo a circulação de veículos com o mínimo de impacto ao espaço físico do campus.

O projeto das rotas de circulação deve buscar a preservação da permeabilidade do solo, prevendo pisos permeáveis, a gestão das águas pluviais, e privilegiando superfícies com vegetação. Com relação às pavimentações, estas podem ser executadas em materiais densos (tais como o asfalto, o concreto, ou as pavimentações em pedra), ou porosos (neste caso, as superfícies com juntas permeáveis terão a vantagem de contribuir para a drenagem urbana). É importante considerar uma proporção equilibrada de superfícies pavimentadas e de ajardinamentos. As pavimentações permeáveis permitem a infiltração da água para a recarga de águas subterrâneas, evitam problemas de erosão pela vazão excessiva, capturam os metais pesados e permitem a infiltração de água até as raízes de árvores (MASCARÓ, 2008). Nas rotas de circulação, também recomenda-se instalar sinalizações táteis, para auxiliar no deslocamento de pessoas com limitações físicas, considerando-se os princípios de acessibilidade universal (ABNT, 1994).

### 4.3. Atividades

Os espaços abertos são estruturais na organização espacial do campus, pois suavizam a fronteira entre estar sozinho e acompanhado, favorecem a liberdade, e permitem que se esteja com outras pessoas, sem estar com alguém especificamente, devido ao anonimato e à distância pública que oferecem (GEHL, 2010). No entanto, é importante considerar que as pessoas tendem a preferir locais onde se sintam protegidas, onde possam observar o movimento, e tendem a escolher, para permanecer, aqueles locais onde há algum elemento que lhes sirva de apoio ou referência (MARCUS & FRANCIS, 1998). Por isso, é importante garantir a segurança. Isto será possível através da definição de usos regulares, estimulando a familiaridade de seus frequentadores, e contribuindo para a responsabilidade civil, em relação à manutenção e à preservação dos espaços abertos.

Do ponto de vista da sociabilidade, os espaços abertos são locais que se configuram como espaços de estímulo à convivência, e às oportunidades de encontro e interação social. Conceitualmente, quando se estabelece um espaço aberto, ela ocupa um lugar dentro da malha urbana, que inicialmente é considerado um vazio urbano. No momento em que as pessoas passam a usufruir deste local, ali se estabelece um espaço, um sentido de permanência. De acordo com Jacobs (2011), a configuração dos espaços abertos atua na organização social, expressando, refletindo, viabilizando e até condicionando as práticas sociais. Jacobs (2003) afirma que a presença de pessoas e de atividades são atributos de fundamental importância para garantir a qualidade espacial: é importante que exista uma diversidade de pessoas, de diferentes faixas etárias, que reflitam a comunidade na qual o espaço se localiza.

Ela desenvolveu estudos nos quais constatou que o sucesso de um espaço está diretamente relacionado à diversidade de configurações espaciais, e de atividades, que este possui, e que, conseqüentemente, estimularão diferentes usuários, em distintos horários. Jacobs (2003) argumenta ainda que haverá atração de pessoas para uma determinada área se, neste local, desenvolverem-se atividades cujos usos são denominados de “usos principais”, que possuem o papel de funcionarem como âncoras. Assim, os “usos principais” atrairão os chamados “usos derivados”. E, juntos, eles garantirão a vitalidade dos espaços.

A franca integração entre os espaços abertos do campus pode ser dada por um desenho paisagístico contínuo, que configure ajardinamentos e ambiências, em significativa unidade. Nestes locais, sugere-se a alocação de bancos, árvores, esculturas, postes, fontes, e outros elementos urbanos. De acordo com Marcus & Francis (1998), ao projetar estes elementos, deve-se considerar um posicionamento fora das principais rotas de circulação: eles podem ser alocados em gramados (ao ar livre); em áreas distantes do tráfego de veículos ou de estacionamentos; em áreas adjacentes às rotas de circulação secundárias; em pátios semiabertos ou terraços; em locais resguardados (para estudos individuais ou contemplativos); em locais próximos às paredes das edificações, ou localizados sob as copas das árvores, e nas extremidades de caminhos.



Figura 5: A ocorrência de múltiplas atividades, nos espaços abertos do campus, estimula a sociabilidade da comunidade universitária (MARCUS & FRANCIS, 1998).

Por fim, é importante considerar que o campus universitário é um local à pluralidade funcional e, em seus espaços abertos, polariza as atividades da comunidade universitária. O público, na maioria estudantes, costuma reunir-se em pequenos grupos, nos pontos nodais das rotas de circulação. Suas atividades são mais expressivas nos intervalos de almoço e de aulas, e aos finais de tarde. As atividades que podem vir a caracterizar os espaços abertos do campus são: *manifestações políticas, conversar, interagir em grupos, realizar apresentações e performances teatrais, musicais e artísticas, estudar, ler, escrever, praticar exercícios físicos, observar, contemplar, repousar, descansar, namorar, passear, brincar, fazer refeições, locomover-se lentamente, caminhar, deslocar-se, percorrer rapidamente*. Manifestações cívicas, artísticas e culturais, eventos, festas, feiras, espetáculos musicais, teatrais e artísticos, nestes locais, também reforçam o caráter integrativo do campus.

#### 4.4. Elementos urbanos

Os elementos urbanos são todos os objetos utilitários e componentes da paisagem urbana, implantados no espaço público, com a finalidade de auxiliar na prestação de serviços e no conforto dos usuários (JOHN & REIS, 2010). Os elementos urbanos no campus podem ser: bancos e assentos, mesas, bebedouros, espelhos-d'água, fontes, obras de arte, palco ou anfiteatro, telefones públicos, lixeiras para coleta seletiva, entre outros (MOURTHÉ, 1998). Seu desenho estará associado a aspectos compositivos, que influirão nas formas de apropriação dos espaços abertos. Estes elementos devem ser propostos de modo a não obstruir as rotas de circulação, permitindo o contato espontâneo – ou programado – entre os usuários, bem como a sua permanência.

Dentre os elementos urbanos, o mobiliário possui grande importância, e pode ser classificado em bancos ou assentos, mesas, cadeiras, bicicletários, lixeiras para coleta seletiva, entre outros (MOURTHÉ, 1998). Cada um deles possui funções específicas, que contribuem para tornar a vivência, nos espaços abertos do campus, mais segura e confortável. A sua distribuição, em pontos equidistantes do campus, garantirá com que não hajam espaços subutilizados e, acima de tudo, que os seus usuários possam usufruir, em qualquer estágio do percurso, destes locais como ponto de parada, ou permanência, das rotas de circulação. O desenho destes elementos, considerando-se uma disposição integrada a outros elementos da paisagem, garantirá com que cada espaço seja um local de estímulo às atividades, sejam elas de estudo, sociabilidade ou, eventualmente, lazer.

Com relação ao desenho do mobiliário urbano, de acordo com Marcus & Francis (1998), algumas soluções podem ser adotadas, ainda na etapa de projeto. É interessante que os bancos possuam assentos confortáveis e encosto, e permitam a utilização individual, ou em grupos. Sua forma também deve ser considerada: os bancos em forma circular oferecem, por um lado, uma disposição voltada ao interior da configuração (côncava) e, por outro, uma disposição voltada aos espaços circundantes (convexa) (MARCUS & FRANCIS, 1998). A previsão de mesas e bancos, com ergonomia adequada, proporcionará o repouso, a permanência e a sociabilidade. Pode-se considerar a alocação de mobiliário em contiguidade aos ajardinamentos, a fim de garantir a permanência (temporária ou prolongada) dos usuários, próximos a elementos naturais.

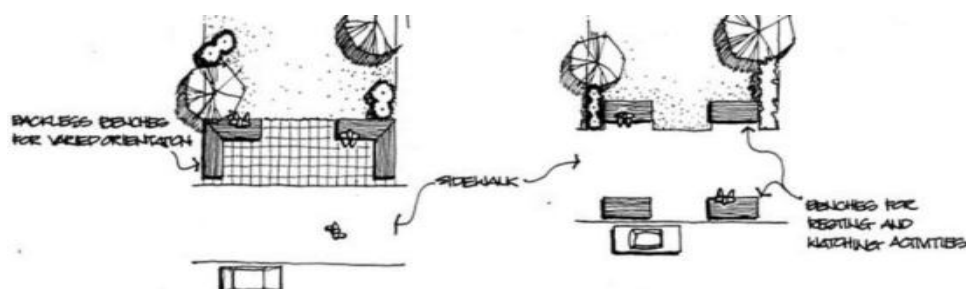




Figura 6: A configuração do mobiliário urbano pode definir diferentes arranjos espaciais, aos espaços abertos do campus (MARCUS & FRANCIS, 1998).

Outros elementos da paisagem (tais como elementos de arte pública, sinalização e iluminação) reforçarão a qualidade espacial no campus, atraindo os usuários, e estimulando-os à permanência. Os elementos de arte pública, tais como as esculturas e obras de arte, dispõem de atributos formais. Os elementos de sinalização promovem a organização espacial das rotas de circulação, e recomenda-se que estejam posicionados em pontos nodais, facilitando a orientação nos percursos. Os elementos de iluminação melhoram qualitativamente as ambiências, ao destacar determinados elementos da paisagem. Além destes, ainda é interessante dispor murais informativos no campus, para as notícias oficiais da universidade. Se bicicletas forem utilizadas, devem-se prever bicicletários. Uma fonte, em um ponto focal, pode receber destaque. Podem-se, ainda, prever lanchonetes e cantinas para a venda de alimentos, uma vez que a alimentação provê às pessoas uma desculpa para permanecer nos espaços abertos, ao mesmo tempo em que leituras, estudos e observações ocorrem (MARCUS & FRANCIS, 1998).

#### 4.5. Ajardinamentos

O último atributo, de grande importância, para a qualidade espacial no campus será a presença de vegetação. No projeto dos espaços abertos, a presença de vegetação desempenhará funções ambientais, e também poderá agregar qualidade paisagística aos estares e pontos de parada existentes, promovendo a utilização, e a permanência, dos usuários. Estudos realizados por Kaplan (1998) atestam que a vegetação atua sobre o comportamento humano, e evidenciam o poder de recuperação, concentração e alívio do estresse, proporcionado pelo contato humano com elementos naturais. As relações entre a vegetação e as edificações ainda promovem a apreciação da comunidade universitária, para com a utilização de seus espaços abertos, estimulando-a a uma vivência plena, do cotidiano na universidade.

Na seleção das espécies mais adequadas, consideram-se as características de cada espaço (a largura e a forma dos passeios, a conectividade entre as áreas verdes, e a homogeneidade dos conjuntos arbóreos) para definir as espécies mais indicadas, a fim de garantir que estas se adaptem ao ecossistema local. Também é importante observar as questões de acessibilidade aos diversos espaços abertos do campus, facilitando a sua manutenção e utilização. De acordo com Abbud (2006), os arranjos espaciais de vegetação poderão ser organizados, horizontalmente, pelos planos de pisos, verticalmente pelas superfícies verticais de vedação das edificações e, de teto, pelo limite das copas de vegetação. Nesta organização espacial, é fundamental que os projetistas considerem os benefícios formais, e funcionais das espécies de vegetação, objetivando a uma composição paisagística que contribua para garantir a qualidade espacial.

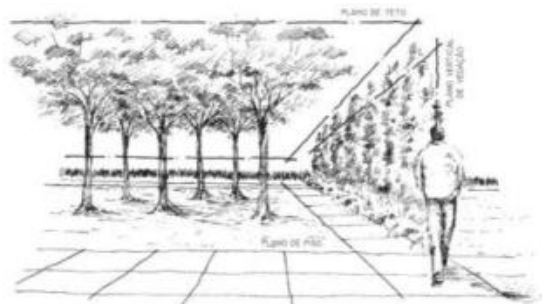


Figura 7: A organização espacial dos arranjos de vegetação deve considerar o plano de piso, o plano vertical de vedação e o plano de teto (ABBUD, 2006).

O zoneamento das espécies iniciará pela definição de um plano de massas, onde será estudada a configuração da futura paisagem, e este deverá considerar a forma, a cor, a



textura, o aroma, o volume e o ritmo das espécies (BACKES, 2010). O caráter ornamental dos ajardinamentos (considerando-se o porte, a forma e a textura das espécies) colocará em evidência a plasticidade da vegetação, na composição paisagística. A forma dos ajardinamentos atuará como um elemento compositivo, denotando distintas ambiências, ao percorrer os espaços do campus. Na seleção e na distribuição das espécies, considera-se que estas estejam associadas a pontos de parada, ou dispostas ao longo dos caminhos e estares existentes. Sugere-se um zoneamento gradativo, a partir da intensidade de usos de cada espaço. O zoneamento poderá definir-se por espécies isoladas, forrações, maciços arbustivos ou conjuntos arbóreos (ABBUD, 2006). O plano de massas poderá considerar, ainda, uma transição gradativa entre a vegetação e a arquitetura, bem como o agrupamento de espécies por similaridade, reforçando, em cada uma, as suas características formais.

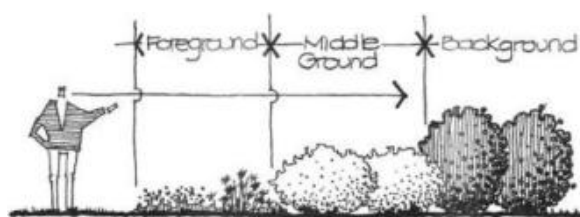


Figura 8: O plano de massas, considerando o agrupamento de espécies por similaridade, contribuirá para a qualidade da composição paisagística (BOOTH & HISS, 2011).

De acordo com Backes (2011), a vegetação possui a função de integrar o ambiente interno com o externo da edificação, bem como os diferentes espaços externos entre si. O autor descreve a vegetação como divisor e, ao mesmo tempo, integrador dos espaços, revelando que um bom projeto de paisagismo proporciona a transição entre os espaços internos e externos, de forma que não fica muito claro onde termina um e começa o outro. Tal abordagem compreende a vegetação e a edificação em mútuo diálogo, configurando espaços integrados. Nesta abordagem, é fundamental o entendimento das aberturas da edificação como elementos para possibilitar a integração espacial: estas, poderão configurar permeabilidade física e visual, entre interior e exterior. As aberturas também possibilitarão emolduramentos e recortes na paisagem, destacando determinados elementos da paisagem. Na seleção de espécies, considera-se utilizar a vegetação para as seguintes funções (ABBUD, 2006, BACKES, 2010; MARCUS; FRANCIS, 1998):

FUNÇÕES DA VEGETAÇÃO	
<b>Marcação de eixos</b>	Projetar colunatas de palmeiras ou espécies arbóreas pontuais, a partir das quais o espaçamento e o alinhamento definam a marcação de eixos visuais e percursos. Quanto mais vertical for a vegetação, maior sua distinção visual na percepção global da paisagem. Quanto mais horizontal, melhor a conformação de ambiências sob as copas.
<b>Enquadramentos</b>	Definir enquadramentos na paisagem, através de aberturas estratégicas nos maciços de vegetação, realçando paisagens ou visuais específicas. Na definição dos enquadramentos, a permeabilidade é um atributo e ser considerado, e está relacionado à densidade das copas, bem como à altura e o porte da vegetação: quanto mais próximas e baixas, maior a tendência de a vegetação obstruir as visuais, na linha do observador; quanto mais altas, maior a sua permeabilidade visual. Assim, conjuntos arbóreos, com copas altas, e maciços arbustivos, de

	folhagens pouco densas, gerarão distintos níveis de permeabilidade, permitindo, ou não, os enquadramentos da paisagem.
<b>Conexões espaciais</b>	Configurar espaços de lazer, ambientes de estar e pontos de encontro contíguos às edificações. Sua composição com espécies de vegetação diversificadas contribuirá para definir ambiências. Complementarmente, podem ser propostas áreas cobertas abertas, ou elementos construídos, que integrem as esferas de uso entre exterior e interior das edificações (galerias, marquises, arcadas, pergolados, decks e superfícies com pavimentação diferenciada).
<b>Pontos focais</b>	Dispor espécies de vegetação em pontos de encontro, ao final de caminhos para arrematá-los, ou como referências de localização para as rotas de circulação. Quanto mais vistosas as espécies, melhor a sua definição como um ponto focal. Utilizar a iluminação como estratégia de destaque.
<b>Barreiras físicas</b>	Propor cercas vivas ou maciços arbustivos que demarquem, sem esconder, paisagens ou visuais. Se possuírem altura acima da linha do observador, elas também funcionam como barreiras visuais. Neste sentido, outros recursos construídos podem ser utilizados, tais como muros, grades, escadarias ou desníveis.

Quadro 1: Funções da vegetação.

## 5. CONCLUSÕES

No campus universitário, a configuração das edificações, em termos de escala, forma e materialidade, contribui para garantir o ordenamento do espaço físico e, conseqüentemente, para a configuração de espaços abertos, nos quais ocorrem as práticas de sociabilidade. Estes espaços, no entorno às edificações, tornam-se, nas dinâmicas cotidianas da comunidade universitária, elementos acessórios indispensáveis das edificações, dando suporte às suas atividades.

No campus, a unidade do conjunto edificado e de seus espaços abertos, através de atributos que lhes conferem características em comum, possibilita com que exista uma identidade coesa, que reflete-se em seu imaginário, e de seus usuários. A identidade reflete-se como uma qualidade de grande importância, uma vez que será, através dela, que a comunidade universitária afirmará importantes valores educacionais, sociais e culturais, que conduzirão as suas ações e que, conseqüentemente, resultarão em seu espaço físico.

Destes pressupostos, resultou a intenção em desenvolver esta pesquisa. Nela, estudou-se o conjunto edificado, e os espaços abertos, que caracterizam o campus universitário, entendendo que estes congregam a comunidade universitária, e caracterizam-se como importantes referências espaciais, na construção de sua identidade. Com os resultados alcançados, espera-se que a pesquisa tenha contribuído para a definição de diretrizes projetuais, orientadas ao projeto de campi universitários.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBUD, B. *Criando paisagens: guia de trabalho em Arquitetura Paisagística*. São Paulo: Editora SENAC, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050: Normas de*
- *Acessibilidade Para Deficientes Físicos*. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.
- BACKES, M.A. *Princípios do Paisagismo Ecológico. Curso Modular "Paisagismo Regenerativo"*. Não publicado, apostilas diversas. Nova Petrópolis/RS, 2004.
- BACKES, M.A. *Curso Completo de Jardinagem e Paisagismo*. Nova Petrópolis, RS, Não publicado, apostilas diversas, 630p. 2010.
- BACKES, M.A. *Roteiro para o Projeto de um Jardim Ecológico*. Nova Petrópolis, RS, texto não publicado, 2011.

- BOOTH, N. K. HISS, J.E. *Residential Landscape Architecture: Design Process for the Private Residence*. New Jersey: Editora Pearson, 2011.
- GEHL, J. *Cities for people*. Washington: Island Press, 2010.
- GOOGLE IMAGES. *Pesquisa de imagens para elucidar os conceitos apresentados na pesquisa*. Disponível em <https://images.google.com/>. Acesso em 2019.
- JACOBS, J. *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2003.
- JOHN, N. REIS, A. T. *Percepção, estética e uso do mobiliário urbano*. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. Vol. 5, n° 2, novembro de 2010.
- KAPLAN, R.; KAPLAN, S.; RYAN, R. L. *With people in mind: design and management of everyday nature*. Washington: Island Press, 1998.
- LYNCH, K. *A Imagem da Cidade*. 3ª Ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.
- MARCUS, C.C.; FRANCIS, C. *People places: design guidelines for urban open space*. Nova Iorque: John Wiley, 1998.
- MASCARÓ, J. L. *Infraestrutura da Paisagem*. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2008. MOURTHÉ, C. *Mobiliário Urbano*. Rio de Janeiro: 2AB, 1998.

## PROPOSTA PARA O DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTORES ANAERÓBIOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

*Isabela Barros de Sena (isabela.senaa@hotmail.com); Nithyane Rayssa Pires Barros (rayssanithyane@gmail.com); Juliana Ferreira Bezerra Mocock (jfbm@poli.br); Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani (emilia.rabbani@upe.br); Sergio Peres Ramos da Silva (sergperes@gmail.com)*

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco (UPE-POLI) - Brazil

**Palavras chave:** biodigestores anaeróbicos, sustentabilidade, instituição de ensino superior

*A busca por biocombustível e fontes de energia renováveis tem aumentado com passar dos anos. Conseguir esse feito com o reaproveitamento de resíduos orgânicos é uma façanha do uso de biodigestores anaeróbicos, tecnologia que possui simples operação e produz biogás. Paralelo ao crescimento dos estudos sobre este equipamento temos as Instituições de Ensino Superior (IES), que através de suas práticas servem de modelo para toda sociedade. Por isso, esta pesquisa, após revisão bibliográfica e entrevista com especialista sobre o tema, sugere que na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) seja implantado um biodigestor alimentado por sobras alimentícias do restaurante presente nesta unidade e do restaurante do campus vizinho a Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco - FCAP/UPE. Tendo por modelo o proposto na literatura, usando uma caixa d'água fechada de 5000l-10000l, gasômetro, sendo a tubulação para entrada de 100 - 150mm. A construção do equipamento na universidade proporcionaria uma alternativa para a reutilização de resíduos, além de estimular os discentes a ter atitudes sustentáveis.*

### 1. INTRODUÇÃO

Uma das consequências da rápida urbanização vivida no país nas últimas décadas é a grande aglomeração de população nos centros urbanos. Essa concentração de pessoas aumentou, conseqüentemente, a demanda de resíduos sólidos nessas áreas. Este fato, por sua vez, evidenciou a dificuldade para gestão desses resíduos, levando-os a ter fins prejudiciais ao meio ambiente. Sendo muitas vezes descartados em aterros sanitários, cursos d'água e outros locais inadequados, os resíduos sólidos propiciam o desenvolvimento de microorganismos que são agentes causadores de inúmeras doenças.

Segundo o IBAM (2001), "resíduo sólido é todo material sólido ou semissólido indesejável e que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta, em qualquer recipiente destinado a este ato". De acordo com a Abrelpe (2017), o Brasil produziu 78,3 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Estima-se que 65% dos resíduos sólidos gerados no Brasil sejam matéria orgânica (IBAM, 2001). Este fato justifica a importância da destinação adequada desses resíduos, de maneira útil para a sociedade.

A cidade do Recife, um dos maiores polos comerciais do Nordeste, tem diariamente seus ecossistemas ameaçados pelo despejo desenfreado de RSU em seus corpos d'água, além de transtornos trazidos pelo acúmulo de resíduos nas ruas da cidade. Por isso, faz-se necessário aplicar soluções que beneficiem o meio ambiente e as pessoas na destinação final desses resíduos.

Uma alternativa tecnológica simples e relativamente barata para enfrentar esse problema a curto prazo é o uso de biodigestores anaeróbicos. Esses equipamentos na ausência de

oxigênio aceleram a decomposição de material orgânico numa câmara de fermentação através de um consórcio de bactérias metanogênicas. Essas bactérias, por sua vez, produzem metano, possibilitando a remoção de gás carbônico, e utilizam nitrogênio do ambiente anaeróbio.

Esse instrumento pode ser alimentado, por exemplo, com resíduos orgânicos e esterco em solução aquosa e/ou efluentes proveniente das casas das pessoas. A utilização de biodigestores contribui para o desenvolvimento sustentável porque traz benefícios ambientais, reaproveitando resíduos orgânicos e dando uma destinação útil a eles e ao esgoto; econômicos, visto que o biogás produzido neste instrumento surge como alternativa para suprimento da demanda de energia local; e sociais, trazendo dignidade humana aos cidadãos, que diariamente convivem com resíduos de todas as origens, sofrendo com odores e a proliferação de doenças.

Dentro deste contexto, de acordo com o Princípio 19 da Declaração de Estocolmo (ONU, 1972) “é indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada”. Diante disso, no processo do desenvolvimento sustentável, as Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham um papel importante. É nelas que são desenvolvidos e implementados pesquisas e projetos que posteriormente serão aplicados na sociedade. Dessa forma, segundo Oliveira *et al.* (2016) além de ensinar as práticas corretas, é necessário que as organizações educacionais pratiquem aquilo que ensinam.

Dessa maneira, o objetivo desta pesquisa é propor a implantação de um biodigestor anaeróbio na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) e identificar e sugerir disciplinas da graduação que possam ser beneficiadas academicamente com o estudo deste instrumento, acarretando para os discentes da instituição o aumento de seus conhecimentos sobre esses equipamentos. Esses instrumentos, além de possibilitar o desenvolvimento de pesquisas e projetos sobre essa área de conhecimento, pode sensibilizar os estudantes quanto a questões socioambientais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta os tópicos que fundamentaram essa pesquisa. A seguir apresenta-se a referencial teórico referente aos tipos e funcionamentos de biodigestores, definição e uso de biogás e utilização de biodigestores em IES.

### 2.1. Tipos e funcionamento de biodigestores

Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, resultante da decomposição de dejetos animais em lugares úmidos. Nessa mesma época, pesquisadores como Fischer e Schrader, na Alemanha, e Grayon, na França, estabeleceram as bases teóricas e experimentais da biodigestão anaeróbia. Posteriormente, em 1890, Donald Cameron projetou uma fossa séptica para a cidade de Exeter, Inglaterra, sendo o gás produzido utilizado para iluminação pública (NOGUEIRA, 1986 *apud* PALHARES, 2007).

No Brasil, graças à crise com os preços do petróleo em 1979, o governo passou a incentivar alternativas para a substituição deste insumo. No período entre 1980-1984, foram utilizadas diversas formas de estímulo à instalação de biodigestores (PALHARES, 2007). A partir desse momento, o Brasil passou a difundir o uso desse instrumento que, inicialmente estava concentrado na região Sul do país, onde se encontram grandes criadores de suínos, aves e bovinos.



Atualmente, no estado de Pernambuco, pode-se ver alguns empreendimentos que fazem uso de biodigestor. É o caso do Camará Shopping, que durante sua fase de construção utilizou esgoto e resto de comida do refeitório como insumo para alimentar o equipamento de 30m<sup>3</sup>, implantado através de uma parceria entre o Laboratório de Combustíveis e Energia (POLICOM) da POLI/UPE e a Companhia Elétrica de Pernambuco (CELPE), gerando biogás e energia.

O funcionamento dos biodigestores acontece de maneira relativamente simples. O resíduo orgânico, diluído em água, entra pelo tanque de alimentação até a câmara fechada onde ocorrerá a digestão na ausência de oxigênio (ambiente anaeróbico). O que resta da matéria orgânica pode ser guardado para ser usado como biofertilizante. O biogás produzido no processo é então acumulado no gasômetro que, por sua vez, possui mecanismos que direcionam o gás até onde será consumido.

São componentes essenciais de um biodigestor: o fermentador, onde acontece o processo de fermentação anaeróbica realizada pelas bactérias; o tanque de alimentação; e a câmara de saída. Atualmente, diversos modelos de biodigestor podem ser encontrados (canadense, indiano, chinês, dentre outros), cada qual com suas especificidades.

O biodigestor modelo indiano é construído enterrado no solo e caracteriza-se por possuir uma campânula como gasômetro feita geralmente de ferro. Por sua extensão ser vertical, ocupa pouco espaço.

O modelo chinês é considerado barato por ser construído em forma cilíndrica por alvenaria (tijolo). Segundo Deganutti *et al.* (201?), funciona com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que aumentos de pressão em seu interior resultantes do acúmulo de biogás resultarão em deslocamentos do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída. Quando ocorre descompressão, o processo acontece em sentido contrário.

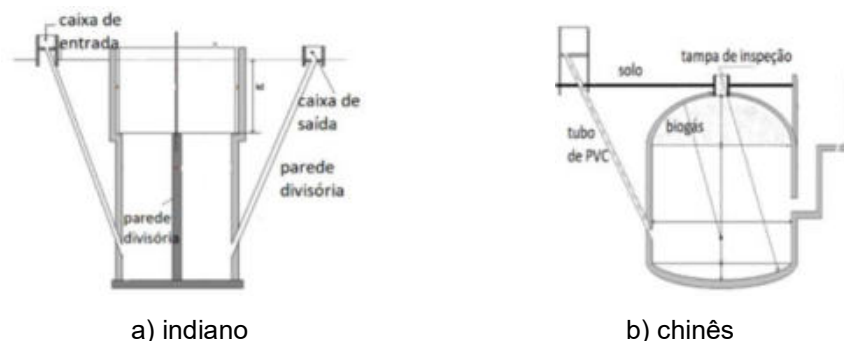


Figura 1. Modelos de biodigestor. Fonte: Adaptado de Deganutti et al. (201?)

Entretanto, de maneira geral, quanto à forma de “alimentá-los”, são duas as classificações principais: batelada ou contínuo. No modelo batelada, há pouca exigência operacional, visto que neste caso eles são alimentados uma única vez com uma carga grande e fechados para que aconteça a fermentação da matéria orgânica. A fermentação ocorre apenas depois de um maior período de tempo, o qual varia de acordo com o substrato usado para abastecer o equipamento, pois cada qual é processado em um intervalo de tempo diferente. Quando a produção do biogás cair, coloca-se a próxima carga; esta operação acontece de forma descontínua.

No biodigestor de alimentação contínua (Figura 2), a matéria orgânica é diluída e se move por carga hidráulica até o equipamento, que recebe uma carga diária. Logo, a inserção de dejetos acontece em curtos intervalos de tempos. Nesse modelo, é importante fazer a correta diluição ou trituração do material orgânico para evitar entupimentos, o que prejudica o sistema.

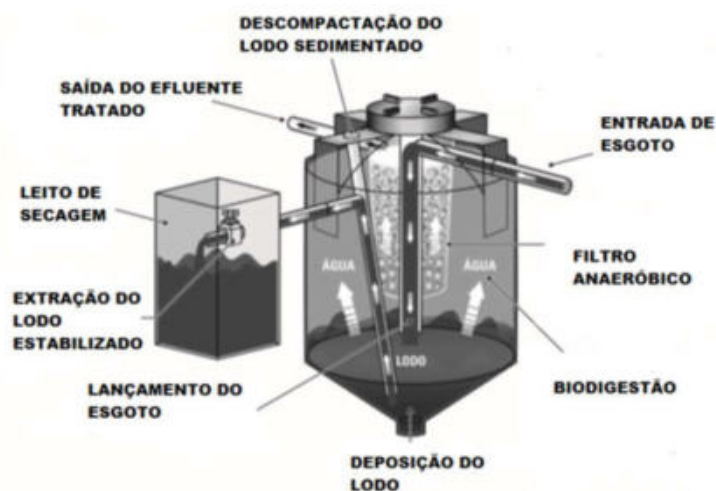


Figura 2. Biodigestor para uso residencial de alimentação contínua. Fonte: Adaptado de Acqualimp (2016).

## 2.2. Definição e uso de biogás

De acordo com a CIBIOGÁS (2018):

O biogás é uma mistura de gases composta principalmente por metano e dióxido de carbono, obtida normalmente através do tratamento de resíduos domésticos, agropecuários e industriais, por meio de processo de biodegradação anaeróbia, ou seja, na ausência de oxigênio.

A composição em volume do biogás apresenta concentrações de metano (CH<sub>4</sub>) de 70 a 80%, de nitrogênio (N<sub>2</sub>) de 10 a 25% e de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de 5 a 10%. O poder calorífico do CH<sub>4</sub> é 35,9 MJ.Nm<sup>3</sup>, já o do biogás com 60% de CH<sub>4</sub> é 21,5 MJ.Nm<sup>3</sup>, correspondendo a cerca de 70% do poder calorífico do gás natural (ROSA, 2016). A Tabela 1 estabelece uma relação comparativa do biogás com outros combustíveis.

Tabela 10. Relação comparativa de 1m<sup>3</sup> de biogás com combustíveis usuais

GLP	GASOLINA	ÓLEO DIESEL	ETANOL	LENHA	ELETRICIDADE
0,40kg	0,61 a 70L	0.55L	0.80L	1,60 a 350kg	1,25 a 1,43kWh

Fonte: Adaptado de Silva (2013).

De acordo com a ABIOGÁS (2015), o Brasil tem potencial para produzir 4 bilhões m<sup>3</sup>/ano de biogás. A utilização do biogás na produção de energia elétrica acontece através da sua queima em motores e turbinas. Seu potencial é notável, mas precisa de mais planejamento na sua administração. Uma pesquisa da ABRELPE em 2013 concluiu que são emitidos no estado de Pernambuco 5.785m<sup>3</sup>/h, com potencial para gerar 7,2 MW de energia. “Estima-se que são necessários de 670 a 800 m<sup>3</sup>/h de biogás com uma concentração de 50% de CH<sub>4</sub> para garantir a instalação de 1 MWe” (ABRELPE, 2013).

## 2.3. Utilização dos biodigestores em IES

Como difusoras de conhecimento, as IES têm grande visibilidade e grande importância na formação de cidadãos. Segundo Oliveira *et al.* (2016), o desenvolvimento de uma consciência social ecológica envolve as mais diversas áreas estruturais de uma sociedade. Logo, o setor educacional também está inserido nesta perspectiva sustentável. É possível ver casos de IES que vêm sendo exemplo com práticas sustentáveis, com o uso de biodigestores em suas instalações, acarretando consequências positivas. Pode-se verificar exemplos dessas IES no Quadro 1.

Quadro 1. Uso de biodigestores em IES

AUTORES	IES	RESULTADO
---------	-----	-----------

Kigozi <i>et al.</i> (2014)	University of Johannesburg's Doornfontein Campus	Verificaram que o campus gera 232,2 kg de resíduos biodegradáveis por dia, o que exigiu 30m <sup>3</sup> de capacidade do biodigestor.
Menezes <i>et al.</i> (2014)	Universidade Federal de Pernambuco	O biodigestor foi implantado por iniciativa do projeto COOPERE, que por meio dessa e de outras ações ajudam na gestão de resíduos na UFPE.
Silva <i>et al.</i> (2015)	Instituto Federal do Rio Grande do Norte – Campus Apodi	Foi construído um biodigestor modelo indiano com capacidade de aproximadamente 5.000 litros da mistura biomassa e água.
UB (2015)	University of Wisconsin	O biodigestor produz o equivalente a 35% do consumo de eletricidade do campus

### 3. MÉTODOS

Inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura com os temas sobre sustentabilidade, meio ambiente, biodigestor, biogás, biofertilizante, projeto de instalação de biodigestor anaeróbio em IES que são abordadas neste projeto. Logo após, foram feitas entrevistas com dois profissionais.

O primeiro foi Sérgio Peres Ramos da Silva, PhD., responsável pelo projeto, execução, implantação e operação do sistema de biodigestão da Micro-Usina de Geração de Energia Elétrica (30 kW) na Usina Camará em Camaragibe, no estado de Pernambuco. A segunda foi Emília Rahnemay Kolhman Rabbani, PhD, experiente pesquisadora na área de construção civil sustentável. Com isso, obtiveram-se recomendações para o entendimento do funcionamento interno, juntamente com a alimentação, monitoramento e manutenção, além de sugestões para a localização do biodigestor e o material a ser usado na sua construção. Desta forma, a proposta será a alimentação do biodigestor com resíduos orgânicos, o que resultará na minimização de resíduos dentro de uma instituição acadêmica.

Neste estudo, a IES escolhida como referência foi a POLI/UPE. Fundada em 6 de março de 1912, a escola é tradicional no ensino de engenharia do país contribuindo para o desenvolvimento do estado de Pernambuco. Possui atualmente 8 cursos de graduação e 3 de mestrado. Por fim, foi feita uma avaliação das ementas dos 8 cursos de graduação, com o objetivo de identificar quais disciplinas poderiam ser beneficiadas pelo estudo do sistema de tratamento de resíduo orgânico (biodigestor), além de possibilitar o desenvolvimento de pesquisas e projetos sobre essa área de conhecimento por possuir um grande potencial de aplicação prática.

### 4. RESULTADOS

Esta seção abordará os principais resultados desta pesquisa. A seguir, apresentam-se o modelo de biodigestor proposto, bem como sua localização na POLI/UPE, e as disciplinas identificadas com potencial benefícios pelo estudo deste equipamento.

#### 4.1. Proposta de biodigestor para implantação na POLI/UPE

A localização mais apropriada para o biodigestor sugerida pelo professor Dr. Sérgio Peres é na parte lateral da instituição, situada atrás da quadra, depois do restaurante (Figura 3). O modelo proposto para a construção do biodigestor anaeróbio a ser conectado a um fogão do restaurante na POLI/UPE (Figura 4) terá como base o desenvolvido por Souto (2017).

Usando uma caixa d'água fechada de 5000 a 10000L e gasômetro, a tubulação para entrada seria de 100 a 150mm. O biogás produzido seria direcionado a um fogão adaptado para recebê-lo. Sugere-se que quinzenalmente sejam realizadas inspeções visuais na caixa de inspeção/interligação, e manutenções preventivas a cada seis meses ou quando se fizer necessário de acordo com as inspeções visuais (SOUTO, 2017).

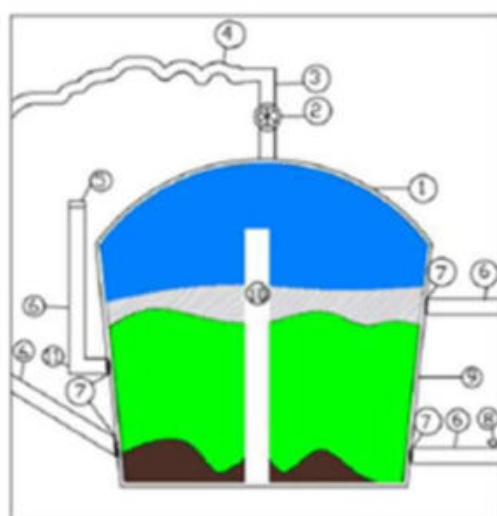
A Figura 4 mostra o projeto de instalação do biodigestor. A Figura 5 mostra o detalhamento do biodigestor que será proposto para implantação na Escola Politécnica de Pernambuco.



Figura 3. POLI/UPE com destaque para local da implantação do biodigestor. Fonte: Adaptado de Google Maps.



Figura 4. Projeto de instalação do biodigestor para tratamento de resíduo orgânico na POLI/UPE. Fonte: Adaptado de Souto (2017).



ÍNDICE	CARACTERÍSTICAS
1	GASÔMETRO
2	MANÔMETRO
3	SPIN 4"
4	TUBULAÇÃO DO BIOGÁS
5	ENTRADA DO RO
6	CANO DE PVC
7	FLANGE PVC
8	REGISTRO TIPO ESFERA
9	CAIXA DE FIBRA DE VIDRO
10	PLACA SEPADORA
11	JOELHO DE 90°

Figura 5. Detalhamento do Biodigestor. Fonte: Adaptado de Souto (2017).



#### 4.2. Análise das ementas

Com base nas ementas das disciplinas disponibilizadas no Plano Pedagógico de Curso 2018.1, foram identificadas, entre os 8 cursos de graduação, as presentes no Quadro 2. Como pode-se observar, as ementas destas disciplinas estão diretamente ligadas ao uso do biodigestor, seja com relação ao estudo dos materiais de alimentação do biodigestor (Gestão de Resíduos), ou do gás que ele produz (Fonte Alternativa de Energia), ou ainda com a questão de trabalhar o conceito de sustentabilidade. Com isso, essas disciplinas obterão um beneficiamento acadêmico com o projeto proposto neste artigo.

Quadro 2. Disciplinas disponibilizadas no Plano Pedagógico de Curso 2018.1 (continua)

CURSO	DISCIPLINA	EMENTA
ENGENHARIA CIVIL	Sustentabilidade Aplicada às Construções	Conceitos e objetivos da sustentabilidade; normas nacionais e internacionais relacionadas a sustentabilidade nas construções e seus aspectos ambientais, econômicos e sociais;
	Saneamento 1	Estudo das Redes Coletoras de Esgotos /Interceptores). Instalações, Equipamentos Dispositivos e Componentes da Engenharia Sanitária.
	Gestão de Construção Civil 2	Gestão de projetos. Coordenação e compatibilização de projetos. Orçamentos. Construção sustentável. Gestão de resíduos.
	Geotecnia Ambiental	Sistemas, Métodos e Processos de Saneamento Urbano (Remediação de Aquíferos; Disposição de Resíduos Sólidos; Geotecnia de Aterros de Resíduos Sólidos urbanos.
	Tecnologia Aplicada a Resíduos Sólidos	Principais técnicas de eliminação de resíduos. Reutilização, reciclagem e reaproveitamento de resíduos gerados no meio urbano.
CICLO BÁSICO	Introdução à Engenharia	Responsabilidade social e ambiental do engenheiro. Formas de atuação profissional do engenheiro. Legislação e ética profissional.
	Sociologia e Meio Ambiente	Preservação dos recursos naturais: medidas de controle e tecnologia aplicada. Legislação ambiental. Avaliação de impactos ambientais de projetos de engenharia.
ENGENHARIA ELÉTRICA ELETROTÉCNICA	Fontes Alternativas de Energia	Visão das fontes alternativas e do papel das mesmas no atendimento ao mercado de energia, destacando aspectos regulatórios, técnicos, econômicos e comerciais.
ENGENHARIA MECÂNICA	Fontes Alternativas de Energia	Formas de energia alternativa; Combustíveis fósseis e renováveis; Energia Eólica; Gás Natural; Energia Nuclear; Energia da Biomassa; Energia dos Oceanos; Energia Geotérmica.

#### 5. CONCLUSÕES

Ao longo do desenvolvimento da pesquisa, identificou-se a necessidade de instalar o equipamento atrás do restaurante presente na universidade, com o objetivo de utilizar o biogás, um dos produtos da combustão anaeróbia, como insumo para substituir o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) atrelado a um fogão adaptado neste restaurante. O material utilizado para alimentação do biodigestor serão os resíduos alimentares, coletados no restaurante da POLI/UPE e da FCAP/UPE.



A construção do biodigestor proporcionará a sensibilização sobre a minimização de resíduo dentro destas IES, com o desenvolvimento do conceito de sustentabilidade, o que corresponde ao trabalho da universidade em envolver o equipamento como elemento didático e de pesquisa. Os testes necessários para caracterização do biogás serão melhor definidos após a construção e definição final do material usado para a alimentação.

Depois de definir isso, passados aproximadamente 30 dias, o biogás começaria a ser produzido e, após esse período, a cada 15 dias seria possível avaliar as condições da produção do gás para utilização do mesmo. O laboratório responsável pela análise dos dados obtidos com o biodigestor será o POLICOM.

Sugere-se que o gerenciamento do equipamento esteja vinculado ao setor administrativo da escola, a fim de que esta participação ajude no controle e na permanência deste equipamento na IES. A construção do equipamento na universidade proporcionaria uma alternativa para a utilização dos resíduos, contribuindo com a minimização da emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE), além de estimular os discentes quanto a práticas que considerem princípios sustentáveis.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *ABIOGÁS - Associação Brasileira de Biogás e de Biometano. (2015). Potencial Brasileiro de Biogás. Disponível em: <<https://www.abiogas.org.br/setor-no-brasil>>. Acesso em: 10 fev. 2018.*
- *ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas e de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. (2013). Atlas brasileiro de emissões de GEE e potencial energético na destinação de resíduos sólidos. Disponível em: <[http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas\\_portugues\\_2013.pdf](http://www.abrelpe.org.br/arquivos/atlas_portugues_2013.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2018.*
- *\_\_\_\_\_. (2017). Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016. Disponível em: <[http://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/comunicacao/junho\\_2018/panoramaanexos2016.pdf](http://www.mpdft.mp.br/portal/pdf/comunicacao/junho_2018/panoramaanexos2016.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *AQUALIMP. (2016) Guia de Instalação. Disponível em: <[http://www.cfg.com.br/up\\_catalogos/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf](http://www.cfg.com.br/up_catalogos/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *CIBIOGÁS - Centro Internacional De Energias Renováveis - Biogás. (2018). O Biogás. Disponível em: <<https://www.cibiogas.org/biogas>>. Acesso em: 09 fev. 2018.*
- *Deganutti, R.; Palhaci, M. C. J. P.; Rossi, M.; Tavares, R.; Santos, C. dos. (201?). Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. UNESP. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores\\_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3s pdi71p.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3s pdi71p.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. (2001). Manual de Gerenciamento de Resíduos sólidos. Disponível em: <[www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf](http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf)>. Acesso em: 14 de jun. 2018.*
- *Kigozi, R.; Aboyade, A. O.; Muzenda, E. (2014). Sizing of an Anaerobic Biodigester for the Organic Fraction of Municipal Solid Waste. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science. Disponível em: <[http://www.iaeng.org/publication/WCECS2014/WCECS2014\\_pp659-663.pdf](http://www.iaeng.org/publication/WCECS2014/WCECS2014_pp659-663.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2018.*
- *Oliveira, P. et al. (2016). Sustentabilidade em instituições de ensino superior: um revisão sobre as conferências internacionais para a sustentabilidade em IES. ENGEMA.*
- *ONU – Organização das Nações Unidas. (1972). Declaração de Estocolmo. Estocolmo. 1972.*
- *Palhares, J. (2007). Biodigestores, a solução? EMBRAPA.*

- Pernambuco, Governo do Estado de. (2011). *Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos – PMRS*. Disponível em: <[drive.google.com/file/d/0Bxl3qnxgnprNVGVmN0E2clJqZlk/view](https://drive.google.com/file/d/0Bxl3qnxgnprNVGVmN0E2clJqZlk/view)>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- Rosa, A.; Lobato, L. C. da S.; Borges, J. M.; Melo, G. C. B. de; Chernicharo, C. A. de L. (2016). *Potencial energético e alternativas para o aproveitamento do biogás e lodo de reatores UASB: estudo de caso estação de tratamento de efluentes Laboreaux (Itabira)*. *Eng Sanit Ambient*, v. 21, n. 2. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016123321>
- Silva, F. F. M. da; Bertini, L. M.; Alves, L. A.; Barbosa, P. T.; Mora, L. F.; Macêdo, C. S. (2015). *Implicações e possibilidades para o ensino a partir da construção de biodigestor no IFRN – campus apodi*. *HOLOS*, v. 6. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2015.3091>
- Silva, S. P. R. da. (2013). *Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos*.
- Souto, L. M. S. (2017). *Diagnóstico de saneamento em áreas carentes e proposta de biodigestor para tratamento de esgoto na cidade do Recife*. *Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Civil)*. Univesidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Recife, Pernambuco.
- UB – University Business. (2015). *How the University of Winsconsin-Oshkosh is living a culture of sustainability*. Disponível em: <<https://www.universitybusiness.com/article/how-university-wisconsin-oshkosh-living-culture-sustainability>>. Acesso em: 29 set. 2018.
- Wallerstein, C. (2014). *COOPERE vai atuar na gestão de resíduos sólidos no campus*. UFPE. Disponível em: <[http://www3.ufpe.br/agencia/index.php?option=com\\_content&view=article&id=49977:coopere-vai-atuar-na-gestao-de-residuos-solidos-no-campus&catid=5&Itemid=78](http://www3.ufpe.br/agencia/index.php?option=com_content&view=article&id=49977:coopere-vai-atuar-na-gestao-de-residuos-solidos-no-campus&catid=5&Itemid=78)>. Acesso em: 29 set. 2018.

## TEMPORARITY IN URBAN CONTEXTS REDEVELOPMENT

Rossella Franchino ([rossella.franchino@unicampania.it](mailto:rossella.franchino@unicampania.it)); Caterina Frettoloso ([caterina.frettoloso@unicampania.it](mailto:caterina.frettoloso@unicampania.it)); Nicola Pisacane ([nicola.pisacane@unicampania.it](mailto:nicola.pisacane@unicampania.it))

Università degli Studi della Campania "Luigi Vanvitelli"; Department of Architecture and Industrial Design - Italia

**Keywords:** Degraded areas, urban farm, ecosystem quality

*Italy is dotted with numerous sites previously used that are potential asset for new uses, subordinated to their rehabilitation. These areas are also a heavy inheritance because very often the previous anthropic activities have strongly compromised the ecosystem quality. The consequences are even more worrying, due to the fact that often these sites are located in densely populated urban areas. On this matter, in order to find an alternative to the model that was imposed in the last century, all the interventions concerning the recovery of areas - affected by previous human activities- must be tackled on the way of rational use of resources.*

*It is true that the time that passes between the old and the new intended use, the so-called "middle time", is often long and not always controllable, so it happens that abandoned places become a burden for the balance of a community. Through public-private agreements these spaces can be returned to the community for the realization of low-cost activities and projects that can quickly restore the compromised relationship between users and public spaces. There are numerous experiences that propose more complex urban regeneration strategies in which unused spaces become a resource for the city providing a quick response to user needs in terms of space availability and increase in quality of life.*

*In this regard, the paper examines two international case studies relate to urban redevelopment projects in different geographic areas that share aspects and choices according to the logic just mentioned. The critical examination of this cases studies allows significant considerations on the use of nature in managing the impermanence of urban transformations and represents the starting point for proposing innovative urban regeneration strategies aimed at improving ecological and environmental performance and reaction capacity in the context of the delicate relationship between natural and built environments.*

### 1. REDRAW URBAN AND IMPROVE QUALITY OF SPACES THROUGH SOCIAL INVOLVEMENT (NICOLA PISACANE)

The paper describes two international case studies in different environment in which the reuse of abandoned places become the opportunity for social revamp of inhabitants and to improve the quality of an urban area.

The first case study is localized in the Land of Fire (Tierra del Fuego), in particular the municipality of Ushuaia in the extreme south of Argentina where in 2004, a project to protect the environment of an urban area was started. The Yatana Forest was born both as an artistic project than an urban reserve with the aim of saving the urban development of the city of Ushuaia an entire urban block (<http://bosqueyatana.wixsite.com/bosque-yatana>). The goal of recovery of a native forest of "lenga" in the urban city center of Ushuaia starts with the aim to preserve a natural place that was now reduced to landfill, but from the desire for social redevelopment of a place that became a center for drug and alcohol consumption. The forest is characterized by plants of "lenga" (*Nothofagus pumilio*), also known as "deciduous dwarf beech", "kuturn" and "kicharrn" distinctive of local vegetation and, according to the description by Luca Bridges, is an arboreal species coming from the Andes, from Chile and

from Tierra del Fuego and therefore extremely resistant to harsh climates and snow-rich areas.

The NGO Fundacion Cultivar, through an agreement with the Municipality of Ushuaia, takes possession of this place and starts a process of reconversion of a degraded space to develop an educational-environmental process of the forest also employing artistic forms as a means of sensitization and transmission of local cultures. The redevelopment of this area is conducted exclusively through the voluntary work of the Foundation itself and local citizens. The global operation has led to positive results in terms of cultural enhancement and awareness, in particular of children, towards the protection of the environment. In about ten years, educational projects have seen participation through the involvement of schools and thousands of children, involved in the growth of their environmental awareness through art and awareness of the culture of the earth. At the natural laboratory in which the activities involving children and locals take place, there is the Casa Alvarado, from the name of the family that has strongly promoted this project and that since 1946 has welcomed their ancestors coming from the island of Chiloe. The house was flanked by 5 hectares of land in which there was also a minimum production for the needs of the inhabitants and was one of the many isolated houses in the green that characterized Ushuaia. The urban development of the city and population growth have led to the removal of many natural spaces and the destruction of wooden buildings typical of the area. The same urban growth has reduced the extension of the land attached to the Casa Alvarado from 5 to 2 hectares, through the demolition of numerous trees and the transformation into building land. The action of the Fundacion Cultivar has managed to preserve intact the original image of a portion of the city and to start an important urban and social recovery project that can be a model for many realities.

The other case study analyzed has been carried out with the same participation of local community but with a different spirit and purpose. The Spiral Garden Community Food Security Project is born in Berkeley in the United States of America, in California (<http://www.spiralgardens.org/index.html>). The project started in 1993 by a non-profit pacifist institution: the Agape Foundation. The Foundation has been operating in the Bay Area since 1969 to encourage the community to participate in actions aimed at increasing urban green spaces, applying innovative methods of organic cultivation, for food security and promotion of principles for environmental fairness. The participation of citizens from the design stage of the garden, through questionnaires and sharing opinions, represent opportunities for social participation in a project to revive the community and improve the living conditions and the place of residence. With this premise, some areas of the deceased Santa Fe Railroad rail have been converted, creating an urban vegetable garden model. The main activities carried out within the Spiral Garden are nurseries and agricultural production. The first comes with the desire to offer plants and trees that can produce safe and healthy food and respecting the typical features of the Bay Area; at the same time the nursery activity guarantees, together with the donations, the economic support. The agricultural production, conducted according to analogous principles of the nursery, is carried out by volunteers, who reside mainly in the surroundings of the Spiral Garden. All production is not for sale but is shared among those who contribute to the conduct of this project.

In this context the landscape is configured as an organic unity born from the complex combination of physical and natural phenomena and objects, firmly connected each other by mutual relations. The dialogue between man and the set of elements that characterize the environment is not a prerogative of the modern world. Inhabitants have always tried to relate to the surrounding reality, as they have always been confronted with a rich heritage, which they have felt over time the need for in-depth knowledge. In fact, the civilizations that have inhabited places have always tried to study and then use thoroughly in its complex unity the

landscape. Today urban landscape, as it is revealed at our eyes, appears complex and articulated and therefore difficult to represent and describe.

## **2. TRANSITIONAL TRANSFORMATION WITH THE USE OF NATURAL RESOURCES (ROSSELLA FRANCHINO)**

For those working in the field of environmental protection, with particular attention to resource management issues in recovery interventions of the territory, performance optimization and the search for reversible working practices is a prerequisite for the principle of intergenerational equity to be implemented.

Urbanization with the implications of a climatic, ecological and soil consumption nature has a significant impact on the environment as well as the environmental resources in general. The sustainability of buildings is therefore the key to the development of the cities of the future.

To intervene on urban development in order to find an alternative to the model that was imposed during the last century, a sustainable approach is required that places the territory as a fabric in which the border between the artificial and natural environments is not detected and in which each process is controlled so that its impact and, consequently, the irreversible degradation induced is the minimum possible in relation to the constraints of the process itself.

Anthropic activity, with interrelated complex structures and relationships determines its own track in the environment, with it being a sign of decay and eventually left as a burden on future generations. In order to limit the footprint, it is necessary to assume that any transformation interventions have the goal of making sustainable changes to the environment in which they will be carried out.

It is therefore a priority to orient any transformation intervention so that the unavoidable impression is contained as much as possible, with this being achieved by increasing the load capacity defined as the ability to absorb and control the anthropization phenomena with a sustainable impact on the ecosystem.

The reuse mode, reconfiguration, natural landscape and usability are all closely related aspects in order to achieve a renewed quality of the environmental conditions of the area as a whole.

The transformation of the areas previously used for human activities is often approached from two perspectives, that are independent of each other: technical and landscape. The first deals with the technical design of the processing operations, not particularly linking it to the next intended use and merely focused on checking the quality of the environmental matrices. The second focuses on the final configuration and the new use of the site, often underestimating the need of the technical intervention so as to remove the causes of the deterioration of environmental quality. The final result is that of obtaining, except in some particularly interesting cases, either a global control of environmental quality, that is often not in synergy with the reuse intervention of the site or a superficial arrangement without any control of the affected environmental subsystems.

It is therefore essential to identify the technical assistance required to monitor the environmental matrices in each case, but it is also highly significant that the intervention is structured in close synergy with the site's environmental transformation. The cases that may occur are varied and depend on both the previous use of the site as well as the new reconfiguration, with them ranging from just a functional disposal so as to move the activities to another place or decommission with ecological and environmental implications due to the previous use.



Whatever the case maybe, the re-use of degraded areas is strictly subordinated to their reclamation which includes all the actions necessary to reduce the pollutants to a level below the legal limits as well as removing all sources of the pollution so as to ensure the preservation of the quality of the various environmental matrices.

It is therefore necessary that the recovery of degraded areas are structured in order to:

- ensure the preservation of the quality of the various environmental matrices;
- remove all the possible sources of pollution;
  - reduce the concentrations of pollutants to a level below the acceptable limits established according to the legal limits and the future use of the area.

In addition, these actions, in agreement with the above premises, must be carried out in a way that does not take into account the final objective of recovery, the new features of the site, its overall ecological reconfiguration and the means needed in order to achieve it. It is, therefore, highly important to customize the environmental control intervention by identifying the technological systems necessary, case by case, favouring the application of natural ones or with small engineering that, of course, make the intervention even more environmentally effective.

In this context, when the characteristics of the intervention allow it, the use of technologies that utilize the water and green resources is proposed in order to use the principles of nature as a model of sustainable management by stimulating the intrinsic natural potential of the resources that have not been developed due to considerable anthropization.

### **3. LOW-COMPLEXITY GREEN STRATEGIES FOR URBAN OPEN SPACES RE-USING (CATERINA FRETTOLOSO)**

Urban voids, unused areas, spaces without a clear project that clarify their use, often constitute a critical point within a broader balance of quality and efficiency of an urban context. Moreover, it is true that the time that passes between the old and the new intended use, the so-called "middle time", is often long and not always controllable, so it happens that abandoned places become a burden for the balance of a community. It is necessary to promote strategies and projects that, in a short time, can restore dignity and quality to these spaces as well as restore the compromised relationship between users and public spaces.

This means, as demonstrated by the case studies mentioned, on the one hand the identification of compatible functions, on the other, the active participation of the population. These two aspects can guarantee the rapid start of the project and, above all, its acceptance once delivered to the city.

The redevelopment of urban spaces also in a temporary way can, under this logic, offer interesting development prospects, especially if associated with the introduction of green productive systems. The introduction of green productive systems in the city "should not be simplistically understood as a new declination of the principle of greenhouse cultivation or livestock breeding; the symbiotic valences induced by the organic material used and produced can generate useful synergies with the context in which the "farm of the new millennium" is introduced, opening a range of possibilities on the strategic plan of both urban and architectural planning" (Musacchio, 2011). The productive green interventions in the city highlight very different solutions in relation to a set of variables that contribute to the success of the actions put in place: from the micro-climatic conditions to the human and economic resources available.

Quality of life and sustainability are the cornerstones of any international strategies linked to urban development and, therefore, share the idea that "Smart City technologies must be

consistent with the future needs of citizens and not only with current ones; that is, they must be able to adequately support the sustainability path of urban areas” (Brini, Medici, 2017). From a smart perspective, where the project starts from the specific characteristics of the places and the needs of those who use them, it is necessary to “focus on the relationship between lifestyles, basic needs, an economy based on local resources and a coherent technology and social organization in order to also reduce the negative impacts on the environment” (Brini, Medici, 2017). In eco-oriented urban transformation processes, on the one hand, there is the issue of urban regeneration according to the smart approach mentioned above, while on the other, the need to re-introduce the user to the centre of the urban project according to a human oriented approach that includes, not only participation but, above all, a conscious use of the places by the citizens. In a logic of strengthening the user-urban space relationship, the designing of open spaces assumes a leading role, with it being defined as new generation, in places where the actions to improve the technological-environmental quality are integrated with an inclusive approach. This is due to some design-action areas: protecting and increasing biodiversity and resilience aimed at implementing the ecological and social network on a local scale; good practices for the design, maintenance and management of green spaces (UNI, 2014). The eco-oriented design of common spaces therefore becomes extremely important in reducing the environmental impacts of the urban settlement itself, especially, if we think of all those activities related to housing which burden with the environmental balance of the neighbourhood contributing to create discomfort conditions for inhabitants, when they aren't properly managed.

“The growing awareness of the unsustainability of the model of the city in the developed world” and the evident socio-economic problems of some parts of the population in this part of the world, has given a strong impulse to urban agriculture movements and interventions also in these contexts (Palumbo, 2012). In recent years, despite the fact that there has been a significant growth not only of large cities but also of smaller urban areas where there is a growing demand for services for the community, an intensification of spaces has been observed (urban gardens, vertical walls, roofs) dedicated to urban agriculture, a sort of re-appropriation of the soil removed from nature. In this logic, urban agriculture, appropriately oriented, can be considered a strategy to propose models of better performing cities starting from the sharing of founding principles such as resilience, sustainability and hospitality (De Filippi, Saporito, 2017) contributing “to increasing the environmental quality of cities (...) [as well as] closing the open loop (Smit and Nasr, 1992), of cities, using local resources (including water and waste) putting other resources in circulation (food, compost, but also no-food products) such as wood for biomass or fabrics, thus contributing to its ecological balance” (Gallo, Casazza, Sala, 2016).

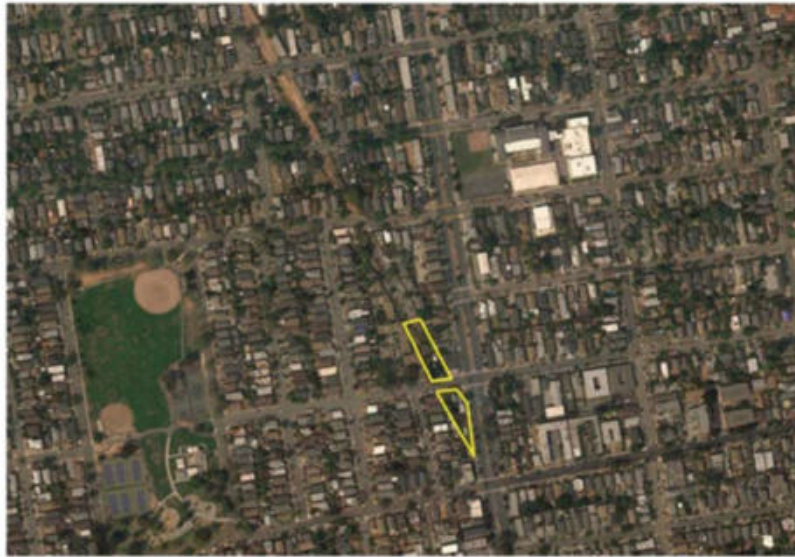
The two international urban agriculture projects from which our reflections are inspired, show the adoption of low-tech strategies that are suggested, for the most part, by traditional technologies that are appropriately contextualized, but which share a common goal: to stimulate social innovation and raise the citizens' awareness. “In the context of greening urban infrastructures”, especially in countries with scarce resources, “it is possible to support the opportunity to resort to solutions with reduced technological complexity and low costs, i.e. those that allow for the growth and development of plants with minimum maintenance and with the lowest initial investment” (Bellini, 2013) so as to encourage its management and use.

Also shares this approach the urban agricultural project “Floating Fields” by Thomas Chung. This urban gardens located in the pools of the Bay of Shenzhen, today an important industrial junction characterized by overpopulation and high levels of water and air pollution, highlights, on the one hand, the need to recover the environmental and social dimension that the area once had, while on the other, to satisfy the food needs. The platforms, which host a

series of plants, algae, vegetables, have a hydroponic and water filtration system, while also allowing for the growth of plant varieties without exploiting any energy or soil.

The idea, also based on the case studies selected in this paper, is that of a low-tech innovation: a “simplification of the product” which translates into the reduction of the possibilities of wear, breakage and, consequently, of the costs associated with them. Finally, it is worth remembering that in order to guarantee an effective result from a performance point of view, low-tech strategies must integrate technical simplicity with architectural quality. “A careful and close look to many areas and vacant lots, (...), shows us how, in the absence of real estate development, many areas have become a testing ground for different populations, new forms of art, music, pop culture, as well as the place to start-up for associations related to social projects for temporary student housing, spaces for events, or entertaining, for gardening, informal markets for trade. The uncertainty and openness of these places has catalyzed new forms of cities (Oswalt 2003), has inspired temporary activities and projects, has allowed the initiation of self-organized informal economies and new services to local contexts. The empty spaces can be understood as urban reserves for testing the collective dreams... (...). These places become a laboratory to observe the tactics of self-organization of the post-capitalist city” ([http://www.temporioso.org/?page\\_id=1345](http://www.temporioso.org/?page_id=1345)).





**SPIRAL GARDEN**

Location: Berkeley - California  
(USA)

Area: 3000 sqm

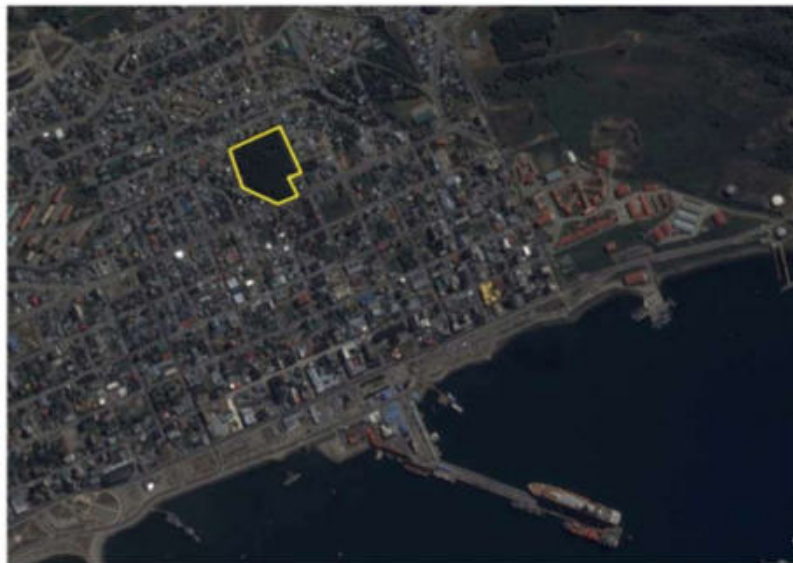
Promoter: Fondazione Agape

Prevailing type of green:  
vegetable green

Year: 1993



Figura 1. Spiral Garden - Berkeley - California (USA)



**YATANA WOOD**

Location: Ushuaia - Tierra del Fuego (Argentina)

Area: 2 hectares

Promoter: Fundacion Cultivar

Prevailing type of green: lenga (*Nothofagus pumilio*)

Year: 2004



Figura 2. Yatana Wood - Tierra del Fuego (Argentina)

#### 4. CONCLUSIONS

This work has studied the application of natural resources in the sustainable management of urban transformation and has shown, through appropriately structured case studies, the



significant environmental benefits arising from the use of principles of nature as a management model. Using nature's own ability to control the negative effects of urban transformation and focusing on rebalancing green areas is, among other things, not only environmentally, but also economically and socially convenient.

## 5. REFERENCES

- Bellini, O. E. (2013). *Grey to Green: il verde tecnologico come risposta ambientale per le infrastrutture urbane*. In *TECHNE* 5, p. 147-153.
- Brini, S.; Medici A. (2017). *Smart City e sostenibilità ambientale*. In *Energia, ambiente e innovazione* 1, p. 64-67
- De Filippi, F.; Saporito, E. (2017). *Agricoltura come dispositivo di rigenerazione urbana. Un'esperienza torinese: OrtiAlti a Casa Ozanam*. In *Ri-vista*, 01, p. 46-59. Available at: [www.fupress.net/index.php/ri-vista/](http://www.fupress.net/index.php/ri-vista/)
- Gallo, P.; Casazza, C.; Sala M. (2016). *Prestazioni e potenzialità per una rete di verde urbano produttivo*. In *TECHNE* 11, p. 104-112.
- Musacchio, A. (2011). *Organic building*. In *Iuav giornale dell'università, IUAV* 102, p. 10-12.
- Palumbo, M. (ed.) (2012). *Architettura produttiva: principi di progettazione ecologica*. Santarcangelo di Romagna: Maggioli.
- UNI (2014), *Linee Guida per lo sviluppo sostenibile degli spazi verdi, "Pianificazione, progettazione, realizzazione e manutenzione"*.
- Referring Web Pages Web: <http://bosqueyatana.wixsite.com/bosque-yatana> Referring Web Pages Web: <http://www.spiralgardens.org/index.html> Referring Web Pages Web: [http://www.temporiuso.org/?page\\_id=1345](http://www.temporiuso.org/?page_id=1345)

# DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL ÀS MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE

Mariele Corrêa dos Reis ([mariele\\_bjp@hotmail.com](mailto:mariele_bjp@hotmail.com)); José da Costa Marques Neto ([joseneto@ufscar.br](mailto:joseneto@ufscar.br))

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil (PPGECiv) - Brazil

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar); Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós - Graduação em Estruturas e Construção Civil (DECiv-PPGECiv) - Brazil

**Palavras chave:** Resíduos de construção civil, gestão de RCC, sustentabilidade.

*O progresso populacional contribuiu para a geração de resíduos sólidos, sobretudo os resíduos de construção civil (RCC), ocasionado pela ausência de políticas públicas à gestão desses, pela disposição em locais inadequados, causando passivos ambientais. A fim de estabelecer diretrizes a gestão desses, foi criada em 2002, a Resolução CONAMA n° 307, porém municípios de pequeno porte encontraram dificuldades na implantação do sistema devido a falta de recursos financeiros, de corpo técnico especializado e de fiscalização. Assim, esta pesquisa objetivou-se caracterizar o atual gerenciamento dos RCC perante a administração pública e às construtoras nos municípios de Bom Jesus da Penha, Passos e Fortaleza de Minas, para propiciar a tomada de decisões. Adotou-se metodologia de caracterização qualitativa (entrevistas e cálculo de áreas licenciadas), quantitativa (entrevista, amostra física e fotográfica), indicadores básicos e análise dos locais de descarte. Por compilação de dados, pode-se verificar a efetividade da metodologia, e constatar a predominância de resíduos classe A, propícios a reutilização e reciclagem e a semelhança no volume de tipo de resíduos gerados de uma construtora para outra, demonstrando padronização no processo construtivo. Os municípios não possuem Plano Integrado de Gerenciamento de RCC, sistema de captação de pequenos volumes (ecopontos) e nem mesmo usinas de reciclagem.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os impactos gerados pela indústria da construção civil acabam interferindo na qualidade de vida da população, dado que esses resíduos de construção e demolição, de maneira geral, são materiais inertes que podem causar impactos ambientais, econômicos e estéticos durante todo seu ciclo de vida, principalmente caso sua disposição final não seja feita adequadamente, o que agredirá a atmosfera, o solo, o lençol freático e o ecossistema, tendo-se assim a necessidade de um gerenciamento eficiente e de limpeza urbana (LEITE e NETO, 2014).

Os resíduos de construção civil (RCC) são compostos por diversos materiais, formando um resíduo heterogêneo, composto por qualquer material constituinte de parte de um edifício ou infraestrutura, e ainda restos de materiais utilizados na obra (ALMEIDA et al, 2015). Ou seja, é todo ou qualquer resíduo oriundo das atividades de construção, reforma, demolição em obras e limpeza de terreno.

A Resolução CONAMA n° 307 de 2002 fora instituída como primeiro instrumento regulatório da gestão dos resíduos da construção civil, visando disciplinar os envolvidos com a geração dos RCC, estabelecendo a implantação por parte dos municípios, de Planos Integrados de

Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PIGRCC, Projetos de Gerenciamento por parte dos geradores de grande porte e estabelece a classificação dos RCC em quatro

classes, com a devida destinação: Classe A, reutilizar ou reciclar na forma de agregados ou encaminhar a aterros classe A de resíduos inertes, de maneira a possibilitar sua utilização futura; Classe B, reutilizar, reciclar ou encaminhar em área de armazenamento temporário, para futura reciclagem; Classe C e D devem ser armazenadas, transportadas e destinadas de acordo com normas específicas (BRASIL, 2002).

Dada à problemática do entulho gerado nos municípios mineiros, é essencial que se articulem as políticas locais de saneamento básico, com enfoque nos resíduos de construção civil, baseando-se em informações técnicas sobre as diferentes realidades locais para que os municípios gerenciem os resíduos da melhor maneira possível, tendo como exemplo instituir ecopontos, usina de reciclagem e de aterros inertes, além da implantação de consórcios intermunicipais e o controle de produção por meio de projetos de gerenciamento dos geradores (MARQUES NETO, 2009).

As maiorias dos municípios mineiros possuem menos de 20.000 habitantes, dos quais grandes parcelas de RCC não estão devidamente gerenciadas, de acordo com o que se preconiza a Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002). Dentre as dificuldades apresentadas para a implantação dos Planos de Gerenciamento de RCC, Marques Neto (2009) ressalta a falta de recursos financeiros, a inexistência de corpo técnico especializado e, sobretudo a falta de fiscalização.

Ângulo et al. (2011) afirma que existe diversos fatores que influenciam a geração do RCC, como a situação socioeconômica do município, a presença de áreas de destinação adequadas e sobretudo o conjunto de políticas públicas de incentivo, ainda relata que entender a composição qualitativa e quantitativa dos resíduos otimizará o gerenciamento no canteiros de obras e na administração pública. A falta de dados da geração dos RCC se torna uma barreira para que se reutilize e reciclem os resíduos.

### **1.1. Objetivo**

Esta pesquisa objetiva diagnosticar quali-quantitativamente os resíduos de construção civil e os sistemas de gestão pública em três municípios de pequeno porte: Bom Jesus da Penha, Fortaleza de Minas e Passos, para levantar o tipo de resíduo predominante e a conformidade deles quanto a Resolução CONAMA n° 307 de 2002.

## **2. METODOLOGIA**

O estudo desenvolveu-se em 3 municípios de pequeno porte: Bom Jesus da Penha, ocupando área territorial de 208,349 km<sup>2</sup> e com 4.203 habitantes; Fortaleza de Minas ocupando área territorial de 218,792 km<sup>2</sup> e com 4.407 habitantes; e Passos ocupando área territorial de 1.338,07 km<sup>2</sup> e com 114.458 habitantes (IBGE, 2017), todos situados na região do Sudoeste de Minas Gerais.

A metodologia se dividiu em duas etapas: primeiramente o levantamento de geração dos RCC junto ao órgão responsável pela coleta e destinação final no município e a segunda a caracterização dos resíduos gerados nas três maiores construtoras atuantes.

### **2.1. Levantamento da Geração de RCC**

Nesta etapa abordou questões como desenvolvimento econômico da cidade, os aspectos populacionais, como crescimento demográfico, os aspectos físicos e características sociais que influenciam na aceitação de mudanças perante a comunidade (MARQUES NETO, 2009).

Para o levantamento da geração dos resíduos consideramos dois parâmetros: quantificar a movimentação de cargas dos agentes coletores e o número de obras licenciadas no decorrer do ano de 2017. Sequencialmente, por meio de visitas in loco, realizou-se o diagnóstico das áreas de destinação final de RCC e a responsabilidade por gerenciá-los, dado que em município de pequeno porte, a responsabilidade pela coleta e transporte recai à administração pública. Quanto à atividade de coleta e transporte, identificou-se o volume coletado por dia, o tipo de veículo, se há uso de caçambas ou outros recipientes e a presença de carroceiros.

A geração do entulho foi determinada por dois métodos: O volume de RCC estimado por áreas construídas, empregando a metodologia de Pinto (1999); e o volume de RCC estimado em questionário pelos gestores públicos.

Pinto (1999) estima tal valor a partir das atividades construtivas licenciadas, ressaltando que tal dado referencial deve ser em períodos de tempo que permitam suprir defasagens típicas da execução de obras, ocorrências sazonais e conjuntura econômica, tendo também percebido pelo questionário a somatória de áreas licenciadas para construções novas pelo período do ano de 2017, desconsiderando os quesitos de reformas, demolições e ampliações. Os indicadores de referências se baseiam em:

- Massa estipulada para edificações executadas predominantemente por processos convencionais – 1.200 kg/m<sup>2</sup>.
- Perda média de materiais nos processos construtivos, em relação à massa de materiais levados ao canteiro de obras = 25%.
- Percentual da perda de materiais, removidos como entulho durante o transcorrer da obra = 50%.

Os indicadores acima referenciam uma taxa de geração de RCC na ordem de 150 kg/m<sup>2</sup> construídos, valor pelo qual será utilizado.

$$Eg = Al \cdot Tg \quad (1)$$

Onde:

- Eg = Estimativa de geração (t/ano);
- Al = Total de áreas licenciadas (m<sup>2</sup>/ano);
- Tg = Taxa de geração (0,15 t/m<sup>2</sup>).

Esses métodos serão aplicados nos 3 municípios, onde, por meio de média aritmética considerando o desvio padrão dos valores obtidos, tenha-se a somatória dos valores de referência, para estimar o valor global de geração de RCC.

## 2.2. Caracterização do Resíduos

A caracterização dos resíduos ocorreu pelo uso de três métodos: o de estimativa percentual dos volumes de resíduos de materiais de construção informados no Questionário pelas construtoras; o emprego da Metodologia Córdoba (2010), de caracterização fotográfica com algumas modificações; e a amostragem física da pilha de RCC conforme recomendações da NBR 10.007 (ABNT, 2004).

Para que não ocorram distorções na caracterização volumétrica fotográfica, Córdoba (2010) padronizou que as imagens sejam importadas ao programa AutoCAD (AUTODESK, 2017), para delimitar as áreas comuns dos diversos tipos de matérias. Para tal, define-se uma pilha de entulho a ser coletado ou caçamba, registre seu volume, e em seguida fotografe a parte superior – denominada de Base, posteriormente descarregue 50% - denominado Meio, o restante, denominado lateral 1, 2, 3 e 4, e depois espalhe. Para tal lance as imagens no AutoCAD e determine o percentual volumétrico de cada tipo de material.

A composição Volumétrica final das percentagens dos materiais dos resíduos é obtida de acordo com a média aritmética das partes da Base, Meio, os quatro Lados da pilha e Espalhado para resultar em um valor mais próximo do real. Visando ainda a prestabilidade do estudo empregou-se paralelo ao procedimento descrito a amostragem física da pilha de resíduos. O processo consiste na coleta de seis amostras de 20 litros de cada pilha de resíduo coletado, seguindo a recomendação de amostragem da NBR 10.007 (ABNT, 2004), tendo a amostragem de no mínimo três seções, estabelecendo 2 amostras de 20 litros para a base, meio e topo da pilha, totalizando uma amostra de 120 litros.

Estas amostras foram pesadas por meio da balança UR 10.000 Light Urano, em seguida efetuado a segregação por tipo de material, mediante separação manual para os de granulometria maior, e os menores como solo/areia com auxílio de uma peneira, os processos sucederam com auxílios de uma pá. Após segregado os materiais foram pesados e quantificados em tabela para estimar as porcentagens de massa e volume das amostras. A massa específica é obtida pela razão da massa total dos seis recipientes amostrados e do volume total coletado. A equação abaixo expressa o procedimento:

$$Eg = \frac{M}{V} \quad (2)$$

Onde:

- $\rho_{\text{calculado}}$  (kg/L) = massa específica aparente calculada;
- M (kg) = massa total da amostra coletada pelos seis recipientes;
- V (L) = Volume total dos seis recipientes (120L).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Geração de RCC

##### 3.1.1. Bom Jesus da Penha

Bom Jesus da Penha localiza-se no Estado de Minas Gerais, onde segundo o censo de 2010 do IBGE apresenta taxa geométrica de crescimento e o IDH é considerado alto. O município não possui nenhum tipo de Plano de Gestão de RCC, contudo alega estar elaborando e sequencialmente implantando o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Domésticos (RSD), que até o presente momento não possui. Não contém áreas licenciadas para o manejo e disposição final dos entulhos, ou infraestruturas como os ecopontos, os aterros classe A, as ATT ou reciclagem da fração dos inertes. Atualmente este montante é disposto em terreno situado ao lado da Cooperativa Coopercitrus, saída para Nova Resende. Na área de disposição não há presença de carroceiros coletando entulho ou materiais recicláveis. A responsabilidade da destinação final dos RCC no município é unicamente da prefeitura, pois não há empresas de caçamba, terraplenagem ou caminhoneiros destinados a coleta do entulho. Assim, a administração pública estruturou dois dias da semana para realizar a coleta, onde trabalham de dois a três funcionários:

- Quinta-feira: Dois funcionários, trator Ford TL com concha e carreta de 3,0m<sup>3</sup>;
- Sexta-feira: Três funcionários, caminhão basculante de 6,0 m<sup>3</sup> e trator Ford TL com concha, quando necessário uso de retroescavadeira.

Os RCC dos canteiros de obras são dispostos em ruas e calçadas de maneira desordenada, não há separação por classes e nem mesmo cuidados quanto sua periculosidade. Quando conveniente, o proprietário solicita o serviço de coleta da prefeitura. No ano de 2017 a prefeitura licenciou 77 obras de construção, onde o registro ocorre por tipo de obras residenciais, comerciais e mistas, sendo a maioria de pequeno porte. O bairro com maior geração de RCC é o Loteamento Jardim Teles Lima, e a empresa com maior índice de geração de resíduos, a ConstrWA Ltda.



A grande porção de solo que é coletado são dispostos em pilhas separadas para ser reutilizada em compactação de obras, a porção de inertes quando possível utilizado na contenção de erosões rurais e manutenção de estradas, dado Figura 1, o emprego na regularização de aterros de valas. Segundo o gestor do meio ambiente estima-se que a geração de RCC em 2017 fora entorno de 90 m<sup>3</sup>/mês ou 108 t/mês, o que representa em média 3,66 t/dia e geração per capita próximo de 0,94 kg/hab.dia, de acordo com Pinto (1999) adotado a massa específica do RCC de 1,2 t/m<sup>3</sup>. Considerando a metodologia por áreas licenciadas de Pinto (1999), onde o município licenciou 8.371,43m<sup>2</sup> no ano de 2017, o que corresponde cerca de 1255,71 t/ano de resíduos, valores bastante próximos, que denotam êxito a informação. A composição deste volume apresenta características críticas uma vez que não ocorre distinção de classes, contudo o agente do meio ambiente estima a proporção presente em 70% clases A para concreto, argamassa e material cerâmico e 19 % para os demais tipos da classe; 4% classe B, 2% classe C e 5% classe D.



Figura 1. Uso de RCC na manutenção de estradas rurais.

A classe A é representada por duas porções por possuir percentual elevado, destacando a grande quantidade de solo e rochas que se obtém no município juntamente com parcela de vegetação uma vez que a prefeitura realiza a limpeza de terrenos quando solicitado pelo proprietário, cobrando apenas uma taxa para as despesas de óleo para quando ocorre necessidade de uso de máquinas.

#### Passos

Passos apresenta crescimento contínuo da taxa geométrica ao longo dos anos, o PIB referente ao ano de 2014 é de R\$ 2.104.434.000,00 e o PIB Per Capita de R\$ 18.722,39. A coleta dos RCC ocorre por empresa terceirizada, ficando a cargo das empresas de caçambas a prestação deste tipo de serviço. Há exercício dos carroceiros circulando na cidade, mas não estão presentes nas áreas de disposição final. Não possui registro do número em exercício, o que inviabiliza a organização de associações, investimentos a programas de geração de renda, ou ações de educação ambientais destinados a eles.

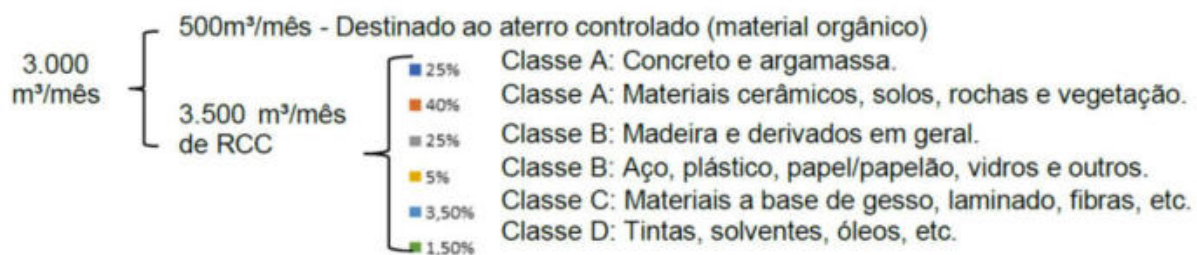
A prefeitura municipal não realiza ou consta de registros de coleta de entulho, porém, caso solicitado por famílias carentes que não possuam recursos financeiros para este fim, presta o como serviço social, observando que tal atividade ocorre esporadicamente. Não há caminhoneiros ou empresas de terraplenagem voltados a coleta dos entulhos, apenas de caçambas, que totalizam 7 empresas, onde apenas 4 estão devidamente licenciadas em todos os quesitos ambientais e legais, as demais estão a falhar em alguns aspectos.

No município as caçambas utilizadas variam no porte de 3m<sup>3</sup> a 4m<sup>3</sup>, e sua tarifa entre R\$80,00 até R\$120,00, podendo variar de acordo com o volume recolhido. A administração pública não possui registro do volume de RCC coletado na cidade, mas segundo uma pesquisa de dados levantados pelo empresário do Disk Caçamba, empresa que demonstrou grande interesse ao assunto e pretende adquirir um britador para a reciclagem dos RCC, em novembro de 2017 o município gerou 2.500 m<sup>3</sup>/mês ou 3.000t/mês, o que representa em média 85,70 t/dia e geração per capita de 0,75 kg/hab.dia de acordo com metodologia de Pinto (1999), adotando massa específica de 1,2 t/m<sup>3</sup>.

Os resíduos de madeira são significativos no município, pois o crescimento do estilo rústico empregado nas construções e no design de interiores aumentou a proporção deste resíduo, à quantidade gerada em uma pequena marcenaria. Tal percentual pode chegar até 30% do entulho de RCC total. Segundo o secretário de obras em 2017 o departamento licenciou

1.122 obras de construção, onde o porte varia desde residências de moradia popular a pontos comerciais de luxo. Mesmo com obras de grande porte, a coleta de resíduos se faz por caçamba e a responsabilidade pela gestão dos resíduos e sua destinação final recai sobre as empresas coletoras e não sobre os proprietários.

Pela metodologia de áreas licenciadas, Passos no ano de 2017 licenciou um total de 173.987,23m<sup>2</sup>, o que gera um montante de 26.098,08 t/ano de resíduos, ressaltando que tal metodologia utilizou apenas construções novas. A administração pública não possui conhecimento a respeito da origem dos RCC, não sendo possível distinguir se provêm de construções novas, reformas, ampliações ou demolições. Contudo, perante uma média geral realizada com as empresas de caçamba pode-se apurar que:



Os entulhos das obras nem sempre são dispostos em caçambas, é perceptível encontrá-los em vias e logradouros pela cidade, e mesmo os mais organizados não apresentam separação por classes como preconiza a Resolução CONAMA n° 307. A Figura 2 mostra a deposição irregular de lixo doméstico e de RCC em uma cratera situada nas intersecções das ruas Campos Gerais e Caratinga no bairro Coimbras. Tal cratera surgiu pela ação imoral das pessoas em depositar entulhos e não haver atitudes adequadas para contornar tal situação, ocasionando impactos como: assoreamento e erosão do solo, obstrução dos sistemas de drenagem, e o lançamento de esgoto por uma tubulação rompida favorecendo proliferação de vetores de doenças.



Figura 2. Cratera no bairro Cohab, com disposição de RCC e lixo doméstico.

O município não possui ecopontos, aterros classe A, ATT ou reciclagem da fração inertes dos RCC. Assim há descarte inadequado em terrenos baldios, vias e logradouros, que mesmo com sinalização de proibição há grande volume de RS e RCC devido a indivíduos negligenciarem a lei. As únicas áreas licenciadas de disposição dos RCC são das empresas de caçamba, que buscam separar o entulho de acordo com as classes, contudo ressalta dificuldades, devido recolherem-nos misturados nos canteiros de obras. Assim a separação se dá somente da porção de concreto e argamassa, matérias cerâmicos, gesso e material orgânico.

### 3.1.2. Fortaleza de Minas

Fortaleza de Minas, de acordo com o censo de 2010 do IBGE apresenta taxa de crescimento oscilante, onde em um ano ocorre avanço e no ano seguinte declínio. Em breve análise às legislações vigentes da administração pública, constata-se que há

inexistência de quase todos os elementos legislativos, sobretudo dos quesitos referentes à gestão dos RCC. Os resíduos sólidos são dispostos em local protegidos e apresentam acessibilidade e infraestruturas satisfatórias, o recobrimento do lixo ocorre periodicamente a cada 3 dias, contudo observa-se a presença de animais e condições não muito propícias à operacionalização (solos, liner e cobertura do lixo). Apresenta Unidade de Triagem e Compostagem regularizada, com licença ambiental de operação, onde possuem frequência de triagem, infraestrutura e frequência de caracterização quantitativa e gravimétrica do lixo realizada anualmente, exercem coleta seletiva em toda área urbana, processo de compostagem razoável e o composto orgânico produzido é doado ou utilizado em componentes públicos.

No entanto, quanto à gestão dos RCC, a prefeitura é considerada a principal responsável pela destinação final dos resíduos de construção civil (RCC). Não dispõem de empresas de terraplenagem ou caminhoneiros que se prestem este serviço. Na área de destino final de RCC ou em obras pela cidade não há carroceiros. A administração pública conta com 5 veículos para coleta e transporte dos RCC, sendo:

- Caminhão poliguindaste;
- Caminhão caçamba basculante;
- Trator com carreta;
- Moto niveladora;
- Retroescavadeira.

O entulho das obras é recolhido desde que o proprietário solicite o serviço à prefeitura, geralmente ele é disposto em vias e logradouros, não cobrando taxa alguma. A atividade ocorre em dois dias da semana, na quinta-feira e sexta-feira. Dispõem de caçambas de 4 m<sup>3</sup>, geralmente destinadas a obras maiores, estimando que no mês realize em média 8 viagens, das 16 viagens/mês em média realizadas pelos veículos.

Segundo o Engenheiro civil, em 2017, a prefeitura licenciou 9 obras de construção, conforme o gráfico abaixo, todas de pequeno porte. Os bairros com maior incidência de geração de resíduos são o Centro, Nossa Senhora e Bom Jesus, e não há empresas de grande porte gerador de RCC no município. Pela metodologia de áreas licenciadas de Pinto (1999), no ano de 2017, Fortaleza de Minas licenciou um total de 856,56m<sup>2</sup>, o que gera um montante de 128,48 t/ano de resíduos, ressaltando que tal metodologia utilizou apenas construções novas.

Os RCC dessas obras são dispostos em ruas e calçadas de maneira desordenada, sem separação por classes para serem coletados, segundo o engenheiro civil, o município não possui área licenciada para manejo e disposição dos entulhos, ecopontos, aterros classe A, ATT ou reciclagem da fração inertes dos RCC e registros sobre a composição do entulho. Seu percentual por origem é 20% de construções novas, 32% de reformas, 18% de limpezas de lotes e 30% de demolições, os quais são destinados há uma área ao lado da UTC sem alguma diligência conforme Figura 3.



Figura 3. Disposição final de RCC em área ao lado da UTC em Fortaleza de Minas.

Mesmo diante desta situação crítica, o município não possui nenhum depósito clandestino de RCC, e a área de disposição final situa-se distante do perímetro urbano, e há uma sutil fiscalização para que assim se mantenha. Aos aspectos legais a administração alega possuir apenas um conhecimento parcial sobre a Resolução CONAMA n° 307, sem domínio sobre o assunto, no entanto o Plano e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Fortaleza de Minas contemplam diretrizes aos RCC, busca realizar mesmo que ocasionalmente Programas de educação ambiental sobre tal assunto com os agentes envolvidos e na comunidade escolar, embora não participe de nenhum tipo de consórcio intermunicipal no quesito saneamento básico.

A dificuldade de implantação da gestão dos RCC está associada a fatores como: a falta de infraestrutura, falta de recursos financeiros e de fiscalização, carência de informações e funcionários qualificados. Segundo o engenheiro civil, municípios de pequeno porte devem buscar um modelo simplificado e estruturado para atender a realidade local e a demanda ambiental e social conforme prescreve a legislação.

### 3.2. Caracterização dos RCC

Em questionário aplicado às construtoras, verificou-se que nenhuma delas possui funcionário responsável para gerir os resíduos das obras ou se preocupam em realizar um planejamento antecedente. Não possuem conhecimento algum a respeito da Resolução CONAMA n°307 de 2002, no qual a gestão se resume no acondicionamento dos resíduos em pilhas nas calçadas, baias e caçambas, incineração das embalagens e manter o canteiro de obras limpo e organizado. Desconhecem a necessidade de elaborarem o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção Civil - PGIRCC.

Bom Jesus da Penha, Fortaleza de Minas e Passos apresentam respectivamente 3, 3 e 15 construtoras em exercício. Os construtores de Bom Jesus da Penha alegam que a prefeitura deve se responsabilizar pelo transporte e coleta dos resíduos, não realizando nenhum controle perante estas atividades ou exercício de técnica para reduzir a geração de RCC. Muitos dos funcionários não possuem conhecimento sobre gestão dos RCC e nenhum tipo de treinamento, possuem o hábito de separar uma porção de material classe A para utilizar em aterros e compactação de solo em algumas edificações, contudo fazem isto sem conhecimento técnico. Os resíduos Classe B em sua maioria são incinerados nos canteiros, e os de Classe C e D por sua vez são manuseados sem cuidado algum.

O emprego de medidas de gerenciamento no canteiro de obras se dá com base na caracterização dos resíduos. Por meio do questionário, por amostras físicas e de imagens em cada uma das construtoras, gerou-se a Tabela 1, que pela compilação de dados, determinou-se que em Bom Jesus da Penha, os resíduos classe A se sobressaem, com predominância do material cerâmico, com 82,72% para a Construtora Washington, 87,63% para a Comercial e Construtora WA Ltda e vegetação em 36,09% para a Construtora Tião Terra, em circunstância da etapa em que a obra se encontra, no entanto, os de classe C e D são minoria, destacando o fibrocimento.

Tabela 1. Comparativo das metodologias de caracterização - construtoras de Bom Jesus da Penha.



Classe	Materiais	Construtors WA Ltda.					Construtora Washington					Construtora Tião Terra				
		Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão	Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão	Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão
		Volume %					Volume %					Volume %				
Classe A	Concreto	1,78	1,73	3,00	<b>2,17</b>	0,72	1,34	2,00	3,00	<b>2,11</b>	0,84	1,45	1,78	3,00	<b>2,08</b>	0,82
	Areia/solo	0,92	1,58	2,50	<b>1,67</b>	0,79	1,78	2,39	2,50	<b>2,22</b>	0,39	2,81	2,80	5,00	<b>3,54</b>	1,27
	Argamassa	5,20	5,18	8,00	<b>6,13</b>	1,62	6,73	7,68	8,00	<b>7,47</b>	0,66	5,28	5,18	5,00	<b>5,15</b>	0,14
	Material cerâmico	90,31	90,56	76,50	<b>85,79</b>	8,05	79,98	77,39	76,50	<b>77,96</b>	1,81	31,33	29,69	30,00	<b>30,34</b>	0,87
	Pedra	0,16	0,13	0,50	<b>0,26</b>	0,17	—	—	0,50	<b>0,17</b>	0,24	0,68	0,93	1,00	<b>0,87</b>	0,09
	Asfalto	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Classe B	Plástico	0,68	0,39	1,00	<b>0,69</b>	0,31	0,49	0,97	1,00	<b>0,82</b>	0,29	17,49	17,04	15,00	<b>16,51</b>	1,33
	Papel/Papelão	—	—	1,00	<b>0,33</b>	0,47	0,02	0,14	1,00	<b>0,39</b>	0,53	—	—	—	—	—
	Metais	0,02	0,02	0,50	<b>0,18</b>	0,27	0,14	0,14	0,50	<b>0,26</b>	0,21	0,95	1,00	1,00	<b>0,98</b>	2,93
	Vidro	0,00	0,05	0,50	<b>0,18</b>	0,25	—	—	—	—	—	0,12	0,13	1,00	<b>0,42</b>	0,53
	Madeira	0,22	0,25	1,00	<b>0,49</b>	0,44	0,73	0,78	1,00	<b>0,84</b>	0,14	3,84	3,95	4,00	<b>3,93</b>	0,08
	Gesso	0,04	0,11	1,00	<b>0,38</b>	0,44	—	—	1,00	<b>0,33</b>	0,47	—	—	—	—	—
Classe C	Manta asfáltica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Classe D	Tintas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Solventes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Óleos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Fibrocimento (c/amianto)	—	—	—	—	—	7,88	8,65	5,00	<b>7,18</b>	1,92	—	—	—	—	
Vegetação	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35,77	37,50	35,00	<b>36,09</b>	1,28	

O município de Passos dado alto número de construtora, as estabeleceu-se a caracterização dos resíduos em 3 delas, sendo a escolha realizada por sorteio. A Tabela 2 demonstra os resultados dado o questionário, as amostras físicas e por imagens.

Tabela 2. Comparativo entre metodologias de caracterização nas construtoras de Passos.

Classe	Materiais	Construtors Heme					Eiffel Engenharia e Construção					SPAND Construtora				
		Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão	Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão	Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão
		Volume %					Volume %					Volume %				
Classe A	Concreto	1,78	1,83	3,00	2,20	0,69	1,55	1,82	3,00	2,12	0,77	3,53	2,78	3,00	3,10	0,82
	Areia/solo	1,92	1,68	2,50	2,03	0,42	1,99	2,18	2,50	2,22	0,26	2,72	2,80	2,50	2,67	1,27
	Argamassa	4,20	4,18	8,00	5,46	2,20	6,52	5,88	8,00	6,80	1,09	7,28	7,38	8,00	7,55	0,14
	Material cerâmico	24,31	21,56	75,00	40,29	30,09	76,57	77,69	75,00	76,42	1,35	65,33	69,69	75,00	70,01	0,87
	Pedra	0,16	0,10	0,50	0,25	0,22	—	—	0,50	0,17	0,29	0,68	0,93	0,50	0,70	0,09
	Asfalto	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Classe B	Plástico	0,28	0,34	1,00	0,54	0,40	0,32	0,47	1,00	0,60	0,36	0,44	0,54	1,00	0,66	1,33
	Papel/Papelão	—	—	1,00	0,33	0,58	0,02	0,08	1,00	0,37	0,55	—	—	1,00	0,33	—
	Metais	0,12	0,08	0,50	0,23	0,23	0,13	0,21	0,50	0,28	0,19	0,45	0,34	0,50	0,43	2,93
	Vidro	0,00	0,07	0,50	0,19	0,27	—	—	0,50	0,17	0,29	0,23	0,18	0,50	0,30	0,53
	Madeira	0,22	0,32	1,00	0,51	0,42	0,83	0,79	1,00	0,87	0,11	1,84	0,95	1,00	1,26	0,08
	Gesso	72,90	74,90	10,00	52,60	36,91	—	—	10,00	3,33	5,77	—	—	10,00	3,33	—
Classe C	Manta asfáltica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Classe D	Tintas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Solventes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Óleos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Fibrocimento (c/amianto)	—	—	—	—	—	5,88	6,75	—	4,21	3,67	—	—	—	—	
Vegetação	—	—	40,00	13,33	23,09	—	—	40,00	13,33	23,09	—	—	40,00	36,09	1,28	

A Construtora Heme o resíduo predominante, em 52,60% foi o gesso, na Eiffel Engenharia e Construção e na SPAND Construtora o material cerâmico foi predominante em 76,42% e 70,01% respectivamente. As construtoras alegam não ter nenhum incentivo da prefeitura para gerir os RCC adequadamente, porém possuem o conhecimento sobre a Resolução CONAMA n° 307, e alegam incapacidade em atender as diretrizes estabelecidas, pois além



do alto custo financeiro, a dificuldade de treinamento aos funcionários, a cultura da população é negativa ao sistema, pela falta de conhecimento. Os resíduos são dispostos em caçambas e não há separação por classes, devido ao preço das caçambas ser predominantemente R\$ 80,00 por coleta, impulsionando dispô-los sem separação com objetivo de economia.

Em Fortaleza de Minas, a atuação das construtoras é amena, os RCC gerados também não possuem distinção, e são dispostos em ruas e logradouros. A coleta e disposição final dos resíduos são de responsabilidade da prefeitura, onde apenas a construtora XXX possui conhecimento sobre o gerenciamento dos RCC. Porém, em nenhuma delas ocorre o treinamento dos funcionários ou técnicas de gestão dos resíduos no canteiro de obras. Dados as construtoras solicitarem a não publicação de seu nomes, definimos às em construtora A, B e C, tendo a Tabela 3, o percentual obtido em cada metodologia de caracterização.

O material predominante nas três construtoras também fora o material cerâmico, em que a Construtora A gerou 81,29%, a Construtora B, 78,88% e a Construtora C 80,55%. Todas elas relatam que os resíduos classe C e D quase não é gerado, buscando sempre adquirir o material necessário, para evitar que ocorra perdas na construção, e que gera-se também, mesmo que nas etapas construtivas não foi possível diagnosticar, grande volume de vegetação, para quando realizado a limpeza de lotes.

Tabela 3. Comparativo de caracterização - construtoras de Fortaleza de Minas.

Classe	Materiais	Construtores A					Construtora B					Construtora C				
		Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão	Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão	Imagem	Amostra Físicas	Questionário	Média	Desvio Padrão
		Volume %					Volume %					Volume %				
Classe A	Concreto	2,78	2,78	5,00	<b>3,52</b>	1,28	2,45	2,82	5,00	<b>3,42</b>	1,38	2,53	1,78	5,00	<b>3,10</b>	1,68
	Areia/solo	2,22	2,81	3,00	<b>2,68</b>	0,41	2,69	2,34	3,00	<b>2,68</b>	0,33	2,98	2,80	3,00	<b>2,93</b>	0,11
	Argamassa	4,20	4,18	8,00	<b>5,46</b>	2,20	5,65	7,68	8,00	<b>7,11</b>	1,27	5,28	5,18	8,00	<b>6,15</b>	1,60
	Material cerâmico	84,31	79,56	80,00	<b>81,29</b>	2,62	78,98	77,66	80,00	<b>78,88</b>	1,17	81,96	79,69	80,00	<b>80,55</b>	1,23
	Pedra	0,36	0,10	1,00	<b>0,49</b>	0,46			1,00	<b>0,33</b>	0,58	0,65	0,64	1,00	<b>0,76</b>	0,21
	Asfalto	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Classe B	Plástico	0,08	0,34	1,00	<b>0,47</b>	0,47	0,02	0,97	1,00	<b>0,66</b>	0,56	0,49	0,28	1,00	<b>0,59</b>	0,37
	Papel/Papelão			1,00	<b>0,33</b>	0,58	0,10	0,14	1,00	<b>0,41</b>	0,51			1,00	<b>0,33</b>	0,58
	Metais	0,12	0,08	0,50	<b>0,23</b>	0,23	0,09	0,14	0,50	<b>0,24</b>	0,22	0,89	1,04	0,50	<b>0,81</b>	0,28
	Vidro	0,00	0,07	0,50	<b>0,19</b>	0,27			0,50	<b>0,17</b>	0,29	0,22	0,31	0,50	<b>0,34</b>	0,14
	Madeira	0,22	0,32	1,00	<b>0,51</b>	0,42	0,63	0,78	1,00	<b>0,80</b>	0,19	1,84	0,95	1,00	<b>1,26</b>	0,50
	Gesso	6,90	74,90	4,00	<b>28,60</b>	40,12	2,50	2,86	4,00	<b>3,12</b>	0,47			4,00	<b>1,33</b>	2,31
Classe C	Manta asfáltica	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Classe D	Tintas	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Solventes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Óleos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Fibrocimento (c/amiante)			2,00	<b>0,67</b>		1,88	2,65	2,00	<b>2,18</b>	0,41			2,00	<b>0,67</b>	1,15
Vegetação	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35,77	37,50	35,00	<b>36,09</b>	1,28	

As metodologias de caracterização pouco se divergiram de construtora para construtora. Constata-se na Tabela 4 a uniformidade dos dados obtidos e o tipo de resíduo com maior variância perante sua média e desvio padrão, considerando o volume.

Os resíduos predominantes nas construções estão em maior escala também nos canteiros de obras coordenados por pedreiros (profissionais autônomos), que mesmo com menor volume de entulho geram impactos ao meio, dado ao tratamento incorreto aos RCC, dado à disposição inadequada. Segundo todas as construtoras a gestão dos resíduos é dificultada

por não possuírem incentivo algum da administração pública, a falta de recurso financeiro, a burocracia excessiva e, sobretudo em os proprietários considerar dispendioso o processo.

Tabela 4. Materiais de maior variância por construtora nos municípios.

<b>Bom Jesus da Penha</b>	<b>Materiais</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Construtora Washinton	Material Cerâmico	80,64	2,09
Comercial e Construtora WA Ltda	Areia/Solo	2,42	0,63
Construtora Tião Terra	Vegetação	36,09	1,28
<b>Passos</b>	<b>Materiais</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Construtora Heme	Gesso	52,60	36,91
Eiffel Engenharia e Construção	Gesso	3,33	5,37
SPAND Construtora	Metal	0,43	2,93
<b>Fortaleza de Minas</b>	<b>Materiais</b>	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Construtora A	Gesso	28,60	36,91
Construtora B	Concreto	3,42	1,38
Construtora C	Gesso	1,33	2,31

### 3.3. Análise e Discussão

A Figura 4 apresenta um comparativo do tipos de resíduos perante construtora e municípios.

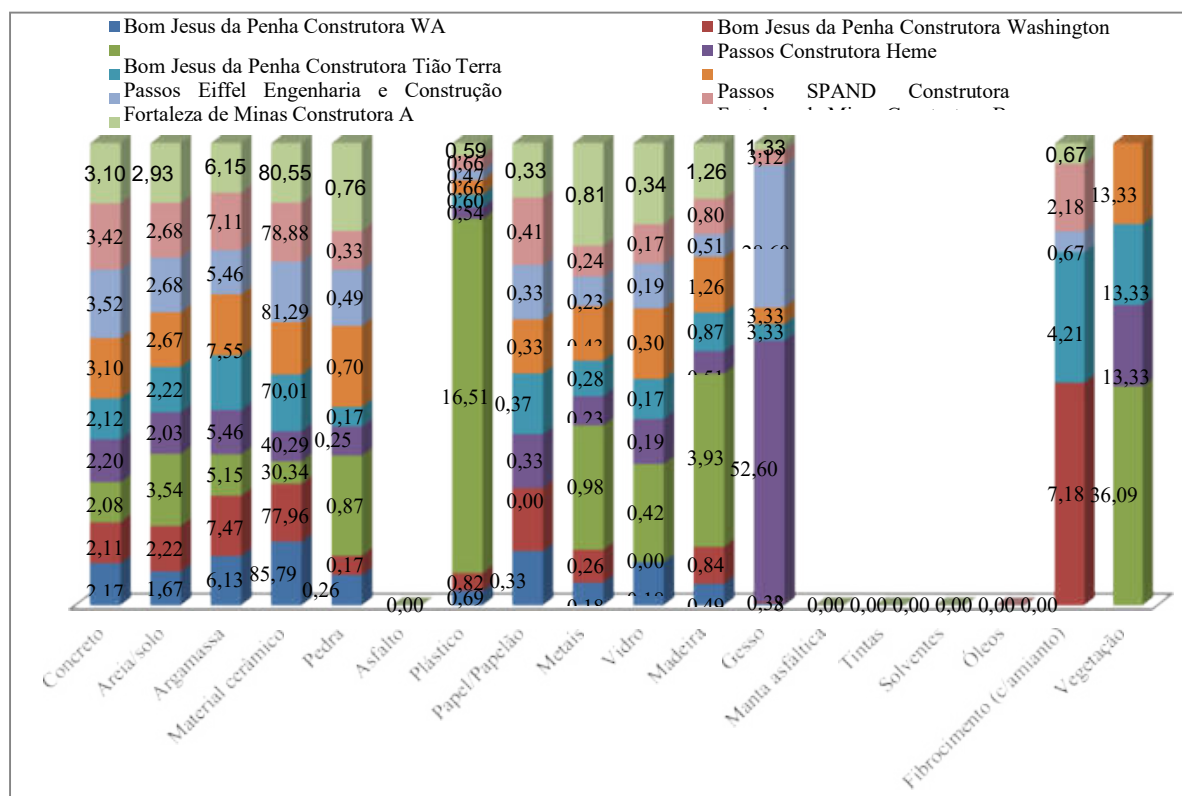


Figura 4. Gráfico comparativo por tipo de resíduo nas construtoras dos municípios.

A análise de metodologia de áreas licenciadas, Passos no ano de 2017 licenciou um total de 173.987,23m<sup>2</sup>, o que gera um montante de 26.098,08 t/ano de resíduos. Valor relevante ao comparado com os demais municípios. Tal resultado apresenta divergência ao relatado pelas empresas de caçamba, onde o valor mensurado é muito maior: 36.000,00t/ano > 26.098,08 t/ano

O que demonstra que muitas construções são executadas erroneamente, sem os devidos registros legais, e consequentemente que a geração dos RCC é maior do que se mensura. O

comparativo feito no município de Bom Jesus da Penha demonstra menor discrepância, tendo gerado por áreas licenciadas no ano de 2017 um montante de 1.255, 71 t/ano de resíduos, e por estimativa do gestor do meio ambiente 1.296,00 t/ano.

Pela caracterização dos resíduos nas construtoras, observou-se que os sistemas construtivos e as dificuldades que encontram para colocar em prática a gestão do RCC são semelhantes. Tendo como principal impecilhos a falta de conhecimento dos profissionais que atuam na área e a recusa por parte dos proprietários das edificações. Os resultados são semelhantes, e o desvio padrão elevado se justifica pela etapa construtiva que a obra se encontrava, influenciando no teor do tipo de entulho, porém denota-se que independente da etapa construtiva predomina-se nestes municípios a geração do material cerâmico, conforme pode ser observado nos gráficos da Figura 4, pico em relação seu teor como demais materiais. O entulho coletado abrange à classe A, como foi mensurado na pesquisa pela administração pública como pelas construtoras nos três municípios.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que em municípios de pequeno porte, cerca de 90% dos RCC se enquadram na classe A, sendo passíveis de serem reutilizados e reciclados como agregado. O panorama de caracterização dos resíduos apresenta cenário tendencial para a mesma proporção cada tipo de resíduo, onde a variação por teor ocorre em função da etapa da construção, tendo na maioria das vezes a predominância do material cerâmico. O volume de resíduos gerado nos municípios é preocupante, evidenciando a necessidade de tomar medidas de gestão e tanto no canteiro de obras como na administração pública.

A caracterização também demonstrou que os resíduos de classe C e D são pouco gerados, o que favorece a disposição final dos RCC pelo menor custo direcionado ao seu gerenciamento, devido sua periculosidade ser definida por normas específicas. A região também apresenta uniformidade no sistema de manejo dos RCC, onde se sugere o estudo de soluções de gestão consorciada.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, R. R. P.; Silva, M. A.; SilvalVA, A. D. C. G.; Formiga, W A.; Crispim, D. L.; Cajá, D. F.; Bulhões, A. A.; Silva, F. T. *Identificação e análise dos impactos ambientais gerados na indústria da construção civil*. ISSN 2317-305X. Intensa, Pombal, PB, Brasil, v. 9, n. 1, p. 39-46, Jan.-Jun, 2015.
- Ângulo, S. C.; Teixeira, C. E.; Castro, A. E.; Nogueira, T. P. *Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 16, n.3, p 299-306, jul/set. 2011.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). *NBR 10007: Amostragem de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004. 25p.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução nº 307, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil*. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, Brasília, Diário Oficial da União, seção I, p. 95 a 96, 2002.
- Córdoba, R. E. *Estudo do sistema de gerenciamento integrado de resíduos de construção e demolição do município de São Carlos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento)*. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.
- Leite, J. C. P. S.; Neto, M. T. R. *Meio ambiente e os embates da construção civil*. Construindo, Belo Horizonte, 2014.
- Marques Neto, J. C. *Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do turvo grande (UGRHI-15)*. 2009. 669p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

- 
- *Pinto, T. P. Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.*

# ELABORAÇÃO DE ARQUIVO CLIMÁTICO DAS CIDADES BRASILEIRAS ESTABELECIDAS NA NBR 15220-3 PARA O SOFTWARE ENVI-MET 4.0

Cárdenas Celis, Anneli Maricielo ([anneli.2792@gmail.com](mailto:anneli.2792@gmail.com)); Silva, Caio Frederico e ([caiofreds@gmail.com](mailto:caiofreds@gmail.com))

Universidade Federal do Amapá; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UNIFAP-FAU) - Brazil

Universidade de Brasília; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB-FAU) - Brazil

**Palavras chaves:** NBR 15220-3, ENVI-met 4.0, Arquivos Climáticos, Dados Climáticos

*As práticas da simulação computacional requerem o uso de arquivos climáticos que representem o clima de um determinado local. Neste sentido, o trabalho tem como objetivo elaborar o protocolo de arquivo climático para oito cidades brasileiras para o período de verão, representando as oito zonas bioclimáticas, estabelecidas na NBR15220-3 para utilização na simulação computacional microclimática no software ENVI-met 4.0, são elas: Cidade de Caxias do Sul - RS, Ponta Grossa- PR, Florianópolis - SC, Brasília - DF, Santos-SP, Goiânia - GO, Picos - PI e Belém - PA. No ENVI-met esses dados são inseridos no ConfigWizard (.cf), requerendo dados meteorológicos básicos, tais como a velocidade do vento a 10 metros da superfície (m/s), direção do vento em graus, umidade específica a 2500 metros (g/kg), coeficiente de rugosidade da superfície, umidade relativa (%) e temperatura inicial da atmosfera (°C). A metodologia consiste na coleta de dados climáticos, proveniente da base de dados das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a partir da análise das normais climatológicas e de outras ferramentas, como a portal web “Projetando Edificações Energeticamente Eficientes” (PROJETEE), que proporcionaram informações para o desenvolvimento dos arquivos climáticos. Conclui-se que os programas de simulação computacional sem os devidos dados climáticos são ineficazes, reproduzindo erros nos resultados da simulação. Os arquivos climáticos, portanto, quando prontos facilitam no momento de realizar a simulação.*

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente a simulação computacional colabora na produção de projetos arquitetônicos e urbanísticos em conformidade com as condições climáticas locais, sendo um avanço significativo para o entendimento do clima urbano e das edificações. No entanto, a prática da simulação requer o uso de arquivos climáticos que representem o clima de um determinado local. Contudo, são poucas as cidades que possuem dados climáticos atualizados e publicados, mas vem ganhando espaço no desenvolvimento de trabalhos referente a aplicação de arquivos climáticos na simulação computacional, entre eles destacam-se autores como Barbosa (2018), Roriz (2012), Nakata (2010), Castelo Branco (2009), Silva e Romero (2009), Bofo, et. al. (1994) e Assis (2006).

Assis (2006), destaca o uso das ferramentas computacionais no meio acadêmico e a pouca utilização na prática profissional. Para a autora, a utilização da simulação permite o aprimoramento e o desenvolvimento de informações climáticas e ambientais e sua aplicabilidade em estudos referentes a simulação e clima urbano. Para Barbosa (2018), umas das principais dificuldades encontradas na simulação computacional, é a obtenção de um banco de dados que forneçam informações climáticas locais, arquivos climáticos, etc., que colaborem para a inserção dos dados climáticos de entrada no software.



Referente ao programa ENVI-met, Nakata (2010) configura o programa como um modelo tridimensional de clima urbano desenvolvido por Michael Bruse na Alemanha, oferecendo várias possibilidades de aplicação, possibilitando a interação entre o edifício e o meio urbano. Para Silva e Romero (2009), o programa auxilia na compreensão dos fenômenos relacionados ao clima, permitindo avaliar estratégias antes de sua implementação, sejam eles em cenários reais ou hipotéticos.

O programa envolve seis etapas importantes, de acordo com Barbosa (2018) as etapas consistem em: base de dados, modelagem, configuração climática, processamento, pós-processamento e visualização. Entretanto, na presente pesquisa a metodologia é voltada somente para o desenvolvimento de dados climáticos básicos para o período de verão, para inserção na configuração climática do programa permitindo sua aplicabilidade dos dados na simulação. Dessa maneira permitindo subsidiar decisões no momento da configuração e na criação de projetos em conformidade com as condições climáticas locais.

De acordo com a NB5 15220-3<sup>23</sup>, o território brasileiro possui oito zonas bioclimáticas devido a sua extensão territorial e por sua diversidade climática, formulando recomendações, diretrizes e estratégias que otimizam o desempenho térmico das edificações. Atualmente, para o contexto climático do Brasil, ainda há carência de estudos de zoneamento climático que forneçam suporte adequado para projetos na escala do urbanismo.

Segundo Roriz (2012), menos dos mais de 5.500 municípios brasileiros possuem dados climáticos publicados, somado a falta de dados climáticos de qualidade, dificultando dados de entrada para realização da simulação. O autor comenta também na restrição na obtenção das informações climáticas necessários e divulgadas pelo INMET no qual prejudica o desenvolvimento de trabalhos. Lamberts et. Al. (2015), comenta o seguinte:

A utilização da simulação computacional com o uso de arquivos climáticos permite identificar os períodos de maior probabilidade de conforto ao usuário, e conseqüentemente, definir as estratégias que devem ser incluídas na edificação para melhorar as condições de conforto. A ineficácia dos dados de um arquivo climático reproduz erros nos resultados das simulações, influenciando a análise. (Lamberts et.al,2015, p.4).

Para ter acesso aos dados meteorológicos básicos do programa se faz necessário analisar as normais climatológicas que são coletados por estações meteorológicas automáticas (EMA) localizadas em aeroportos e disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e outras ferramentas que proporcionem tais como Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (PROJETEEE) e da Universidade de Wyoming (UWYO).

## 2. OBJETIVO

Apresentar um protocolo de criação de arquivo climático para oito cidades brasileiras, representando as oito zonas bioclimáticas estabelecidas na NBR 15220-3, para o período de verão a fim de subsidiar a simulação computacional no ENVI-met 4.0.

## 3. MÉTODO

A pesquisa consiste em duas etapas para a elaboração do protocolo de arquivo climático para oito cidades brasileiras. Foi destacado o período de verão, por representar a época no qual são registrados os maiores índices de desconforto térmico.

A primeira etapa consiste na configuração básica da entrada de dados no ENVI-met 4.0, pontuando quais os parâmetros necessários para a simulação. A segunda etapa consiste no tratamento de dados para a configuração básica meteorológica no ConfigWizard (.cf), tais

---

<sup>23</sup> Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.220-3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

como: a velocidade do vento a 10 metros da superfície (m/s), direção do vento em graus, umidade específica a 2500 metros (g/kg), coeficiente de rugosidade da superfície, umidade relativa (%) e temperatura inicial da atmosfera (°C), mediante a média das normais climatológicas de 1981-2010 fornecidas pelo INMET (2018).

**1º etapa:** Configuração básica de entrada de dados espaciais no ENVI-met 4.0,

Antes de realizar a simulação computacional, se faz necessário a configuração de alguns parâmetros básicos referente a cidade a trabalhar. De acordo com Barborsa (2018), o software ENVI-met 4.0, permite a inserção de dados climáticos por meio da aba ConfigWizard (.cf) que apresenta num total de dez parâmetros, contudo somente os quatro primeiros parâmetros existentes no programa devem ser preenchidos obrigatoriamente e corretamente, já os demais pontos podem ser preenchidos conforme a disponibilidade de dados encontrados (Figura 1).

Os quatro principais parâmetros consistem em: Arquivo de entrada com o cenário criado na etapa da modelagem; Nomes e pastas aonde os arquivos serão criados, configuração do dia, hora inicial de simulação e intervalo horário para salvar os arquivos gerados; Configuração básica meteorológica com inserção de dados de velocidade do vento a 10 metros da superfície (m/s), direção do vento (em graus), umidade específica a 2500 metros (g/kg), comprimento de rugosidade do solo (estação), umidade relativa a 2 metros (%) e temperatura do ar a 2 metros (em C°);

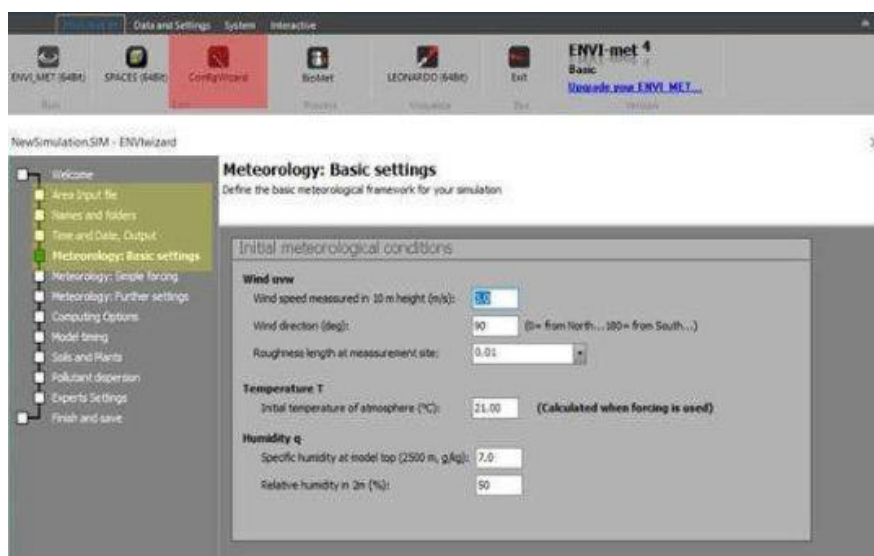


Figura 1. Configuração básica do programa ENVI-met. Fonte: ENVI-met 4.0

**2º etapa:** Elaboração do Arquivo Climático - Configurações meteorológicas básicas (Meteorology: Basic settings).

Depois da inserção dos dados espaciais, se faz necessário inserir os dados climatológicos ou dados de configurações meteorológicas básicas do programa. Os dados climáticos necessários para construção do modelo são os seguintes: a velocidade do vento a 10 metros da superfície (m/s), direção do vento (em graus), rugosidade do solo (estação), temperatura do ar (2m), umidade atmosférica a 2.500 metros (g/kg) e umidade relativa a 2m. A construção dos dados climáticos das oito cidades bioclimáticas brasileiras, serão representados pelo mês mais quente do ano segundo dados do INMET, a partir da análise das normais climatológicas, no qual foram utilizadas como ferramentas estadísticas para a base do arquivo climático.

Para a obtenção das condições iniciais meteorológicas, consiste nos cinco passos seguintes:

- Dados de Temperatura do ar (2m): Os dados são fornecidos pelo INMET e podem ser acessados pelo <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>. Para a obtenção dos dados da temperatura do ar, se tem que levar em consideração o período climático a estudar, seja período de verão, inverno, seca, etc. A partir do período climático escolhido, as normais climatológicas devem ser analisadas, identificando as temperaturas máximas médias ou temperaturas mínimas médias do mês mais quente do ano. Posteriormente, com o mês representativo escolhido, os demais dados serão obtidos.
- Umidade relativa e direção do vento: Os dados climáticos para a umidade relativa média e direção dos ventos são disponibilizados pela plataforma Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (PROJETEEE) acessado pelo portal web <http://projeteee.mma.gov.br/>. Para obtenção dos dados climáticos, inserimos o nome da cidade e os dados serão visualizados. Na ausência de dados climáticos, recomenda-se a utilização a base de dados da cidade mais próxima estabelecido pelo próprio portal. Os dados também podem ser obtidos pelo INMET, no qual disponibiliza as normais climatológicas de 1981-2010 para a maioria das cidades brasileiras.
- Velocidade do vento a 10 m/s: Para a obtenção dos dados da velocidade de vento diário se encontram disponibilizados pelo Centro de Previsão de tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), acessado pelo banco de dados observacionais <http://bancodedados.cptec.inpe.br/>. Para ter acesso, se torna necessário criar uma conta e clicar na opção Metar, essa opção consiste em dados de estações meteorológicas da superfície situadas em aeroportos. Em seguida, inserir o código da estação, o mês e o ano da pesquisa.
- Umidade específica a 2500 m: Para obtenção dos dados climáticos da umidade a 2.500 metros, deve-se acessar os dados disponibilizados pela Universidade de Wyoming (UWYO) pelo departamento de ciência atmosférica, na opção soundings acessado pelo <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>, neste, são disponibilizados dados em dois horários: 0z e 12z (ou 21h00 e 9h00). Em seguida, selecionamos a área e o período de interesse e consultamos a umidade específica a 2.500 metros (g/kg) (Figura 2).



Figura 2. Dados atmosféricos. Fonte: UWYO, 2018

- Rugosidade do solo: O comprimento de rugosidade das superfícies adotado para todas as oito cidades brasileiras foi de 0,1, tamanho máximo que o software disponibiliza.

#### **4. RESULTADOS**

Os resultados são apresentados para as oito zonas bioclimáticas estabelecidas pela NBR 15220-3: 2005 de acordo dados das normais climatológicas, provenientes de dados do INMET, PROJETEEE e da UWYO.

##### **4.1. Zona bioclimática 1: Caxias do Sul – Rio Grande do Sul**

Ela é localizada a uma latitude de  $-29.196389^{\circ}$ , longitude de  $-51.186389^{\circ}$ , altitude de 760 metros e com código OMM: 83942.

###### **4.1.1. Dados de temperatura**

De acordo com as normais climatológicas de 1981-2010, a cidade de Caxias do Sul apresenta sua temperatura máxima média mais elevada no mês de janeiro, com uma temperatura de  $26,6^{\circ}$  Celsius.

###### **4.1.2. Dados de Umidade e Direção dos Ventos**

Os dados climáticos para a cidade de Caxias do Sul não se encontram disponibilizados na plataforma PROJETEEE, portanto o mesmo recomenda utilizar como base uma cidade da mesma zona bioclimática, neste caso teremos como referência a cidade de Bento Gonçalves-RS. Portanto, a umidade relativa média mensal considerada para o mês de janeiro é de 73.27 %.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção nordeste, com ângulo azimute aproximadamente no mês de janeiro de  $51^{\circ}$ .

###### **4.1.3. Velocidade do vento a 10 metros da superfície**

Os dados da velocidade dos ventos são compostos por valores referente ao dia da simulação, porém neste caso a partir das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET, a velocidade climatológica para o mês de janeiro é de 1,9 m/s.

###### **Dados climáticos atmosféricos**

Não se encontra disponibilizado os dados atmosféricos da cidade de Caxias do Sul no site da UWYO, portanto devemos utilizar como base a estação mais próxima disponibilizada. Neste caso utilizando a cidade de Porto Alegre, a umidade específica a 2500 metros é de 3,25 g/kg.

##### **Zona bioclimática 2: Ponta Grossa - Paraná**

A estação do IAPAR é localizada a uma latitude de  $-29.196389^{\circ}$ , longitude de  $-51.186389^{\circ}$ , altitude de 880 metros e com código OMM: 83837.

###### **Dados de temperatura**

De acordo com as normais climatológicas de 1961-1990, a cidade de Ponta Grossa apresenta a temperatura máxima média mais elevada no mês de janeiro, com uma temperatura de  $28,1^{\circ}$  Celsius. Este dado climático, do mês mais quente, será tomado como base para encontrar os dados climáticos restantes.

### ***Dados de Umidade e Direção dos Ventos***

Na ausência de dados climáticos, utilizou-se a cidade recomendada pela plataforma PROJETEEE, neste caso a cidade de Ivaí-PR. A umidade relativa média mensal para o mês de janeiro se encontra em 82.65 %.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção leste, com ângulo azimute aproximadamente no mês de janeiro de 79°.

### ***Velocidade do vento a 10 metros da superfície***

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 1,2 m/s.

### ***Dados climáticos atmosféricos***

Para a cidade de Ponta Grossa, não se encontram disponibilizado os dados climáticos atmosféricos no site da UWYO, portanto deve-se usar a estação mais próxima disponibilizada, que se localiza na cidade de Curitiba. O valor da umidade específica a 2.500 metros é de 10,55 g/kg.

### **Zona Bioclimática 3: Florianópolis – Santa Catarina**

A estação do INMET é localizada a uma latitude de -27,58°, longitude de -48,56°, altitude de 1,84 metros e com código OMM: 83897.

### ***Dados de temperatura***

Para a cidade Florianópolis, mediante a análises da temperatura máxima média apresentada nas normais climatológicas de 1981-2010, a temperatura mais elevada ocorre no mês de fevereiro, com uma temperatura de 29,30 °C.

### ***Dados de Umidade e Direção dos Ventos***

De acordo com as normais climatológicas analisadas anteriormente, o mês mais quente na cidade Florianópolis se encontra no mês fevereiro, portanto analisaremos a umidade relativa média e os demais dados referentes a esse mês. Como se pode observar nos dados disponibilizados pela plataforma PROJETEEE, a umidade relativa média mensal no mês de fevereiro é de 87.67 %.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção norte, com ângulo azimute aproximadamente no mês de fevereiro de 130°.

### ***Velocidade do vento a 10 metros da superfície***

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 3,5 m/s.

### ***Dados climáticos atmosféricos***

Os dados foram obtidos pelo site da UWYO, no qual disponibiliza os dados climáticos atmosféricos, entretanto, o dado a ter como referência são acima de 2.500 metros. Neste caso, o valor da umidade específica é de 9,38 g/kg.

### **Zona Bioclimática 4: Brasília – Distrito Federal**

A estação do INMET é localizada a uma latitude de -15,78°, longitude de -47,93°, altitude de 1159,54 metros e com código OMM: 83377.



### ***Dados de temperatura***

Para a cidade Brasília, mediante a análises da temperatura máxima média apresentada nas normais climatológicas de 1981-2010, a temperatura mais elevada ocorre no mês de setembro, com uma temperatura de 28,40 °C.

### ***Dados de Umidade e Direção dos Ventos***

De acordo com as normais climatológicas analisado anteriormente, o mês mais quente na cidade de Brasília, se encontra no mês de setembro, portanto analisaremos a umidade relativa média e os demais dados referentes a esse mês. Como se pode observar nos dados disponibilizados pela plataforma PROJETEEE, a umidade relativa média mensal no mês de fevereiro é de 63.57 %.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção norte, com ângulo azimute aproximadamente no mês de setembro de 93°.

### ***Velocidade do vento a 10 metros da superfície***

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 3,3 m/s.

### ***Dados climáticos atmosféricos***

Os dados foram obtidos pelo site da UWYO, no qual disponibiliza os dados climáticos atmosféricos, entretanto, o dado a ter como referência são acima de 2.500 metros. Neste caso, o valor é de 8.99 g/kg.

### **Zona Bioclimática 5: Santos – São Paulo**

A estação do INMET é localizada a uma latitude de -23,56°, longitude de -45,20°, altitude de 13,5 metros e com código OMM: 83782.

### ***Dados de temperatura***

Para a cidade Santos, mediante a análises da temperatura máxima média apresentada nas normais climatológicas de 1981-2010, a temperatura mais elevada ocorre mês de fevereiro, com uma temperatura de 29,40 °C.

### ***Dados de umidade e direção do vento***

De acordo com as normais climatológicas analisado anteriormente, o mês mais quente na cidade de Santos se encontra no mês de fevereiro, portanto analisaremos a umidade relativa média e os demais dados referentes a esse mês. A plataforma PROJETEEE, não possui os dados de Santos, no qual recomenda a cidade de Iguape, pois se encontra na mesma zona bioclimática. Portanto, a umidade relativa média mensal no mês de fevereiro é de 86.84%.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção leste, com ângulo azimute aproximadamente no mês de fevereiro de 106°.

### ***Velocidade do vento a 10 metros da superfície***

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 3,2 m/s.

### **Zona Bioclimática 6: Goiânia – Goiás**

A estação do INMET é localizada a uma latitude de -16,66°, longitude de -49,25°, altitude de 741,48 metros e com código OMM: 83423.

### ***Dados de temperatura***

Para a cidade Goiânia, mediante a análises da temperatura máxima média apresentada nas normais climatológicas de 1981-2010, a temperatura mais elevada ocorre mês de setembro, com uma temperatura de 33°C.

### ***Dados de umidade e direção do vento***

De acordo com as normais climatológicas analisado anteriormente, o mês mais quente na cidade de Goiânia, se encontra no mês setembro, portanto analisaremos a umidade relativa média e os demais dados referentes a esse mês. Como se pode observar nos dados disponibilizados pela plataforma PROJETEEE, a umidade relativa média mensal no mês de setembro se encontra em 57.78%.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção nordeste, com ângulo azimute aproximadamente no mês de setembro de 99°.

### ***Velocidade do vento a 10 metros da superfície***

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 1,6 m/s.

### **Zona Bioclimática 07: Picos – Piauí**

A estação do INMET é localizada a uma latitude de -7,03°, longitude de -41,48°, altitude de 207,93 metros e com código OMM: 82780.

### ***Dados de temperatura***

Para a cidade de Picos, mediante a análises da temperatura máxima média apresentada nas normais climatológicas de 1981-2010, a temperatura mais elevada ocorre mês de outubro, com uma temperatura de 37,40°C.

### ***Dados de umidade e direção do vento***

De acordo com as normais climatológicas analisado anteriormente, o mês mais quente na cidade de Picos, se encontra no mês de outubro, portanto analisaremos a umidade relativa média e os demais dados referentes a esse mês. Como se pode observar nos dados disponibilizados pela plataforma PROJETEEE, a umidade relativa média mensal no mês de outubro se encontra em 43.77%.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção nordeste, com ângulo azimute aproximado no mês de outubro de 109°.

### ***Velocidade do vento a 10 metros da superfície***

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 2,4 m/s.

### **Zona Bioclimática 08: Belém – Pará**

A estação do INMET é localizada a uma latitude de -1,43°, longitude de -48,43°, altitude de 10 metros e com código OMM: 82191.

### ***Dados de temperatura***

Para a cidade Belém, mediante a análises da temperatura máxima média apresentada nas normais climatológicas de 1981-2010, a temperatura mais elevada ocorre mês de novembro, com uma temperatura de 32,70°C.

### **Dados de umidade e direção do vento**

De acordo com as normais climatológicas analisado anteriormente, o mês mais quente na cidade de Belém, se encontra no mês de novembro, portanto analisaremos a umidade relativa média e os demais dados referentes a esse mês. Como se pode observar nos dados disponibilizados pela plataforma PROJETEEE, a umidade relativa média mensal no mês de novembro se encontra em 79.7%.

Referente a direção dos ventos em graus, de acordo as normais climatológicas fornecidas pelo INMET e pelo PROJETEEE, observou-se que a maior frequência da direção dos ventos vem da direção norte, com ângulo azimute aproximadamente no mês de novembro de 50°.

### **Velocidade do vento a 10 metros da superfície**

A análise das normais climatológicas dos dados fornecidos pelo INMET indica um valor da velocidade de 2,2 m/s.

### **Dados climáticos atmosféricos**

Os dados foram obtidos pelo site da *UWYO*, no qual disponibiliza os dados climáticos atmosféricos, entretanto, o dado a ter como referência são acima de 2.500 metros. Neste caso, o valor da umidade específica é de 4,16 g/kg.

## **DISCUSSÃO**

A elaboração do protocolo climático contribui para a organização dos dados meteorológicos básicos sejam inseridos e utilizados de maneira correta pelo pesquisador no momento das configurações climáticas no software ENVI-met 4.0. Atualmente já existem a elaboração de protocolos de arquivos climáticos, porém voltados para a utilização de programas de eficiência energética e não na utilização na simulação computacional microclimática no software ENVI-met 4.0.

Por exemplo, de acordo com a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE, 2009), existem dois tipos de metodologias para obtenção de dados climáticos: o Test Reference Year (TRY) e o Typical Meteorological Year (TMY), no qual permitem identificar o ano climático de referência ou ano climático típico mediante a análise das médias mensais de temperaturas.

O formato desses arquivos climáticos varia de acordo com os diversos programas de eficiência energética existente, tais como Energyplus, Ecotect, dentre outros. Para Carlo, et al (2005), quanto mais detalhado for o programa, mais detalhado deve ser o arquivo climático para atender aos programas computacionais.

No momento da elaboração do arquivo climático no programa de simulação microclimática, algumas limitações foram encontradas no presente trabalho durante a elaboração dos tais arquivos climáticos, no qual se destacam os seguintes pontos:

- A obtenção dos dados meteorológicos para o arquivo climático no software ENVI-met consiste por valores referente ao dia da simulação. Entretanto, como o estudo é voltado para o período de verão, os dados são provenientes das normais climatológicas fornecidas pelo INMET, no qual apresentam valores resultantes de médias históricas compreendidas por um período de duas décadas de 1981 – 2010,
- Para a obtenção de dados climáticos atmosféricos, não foram disponibilizadas pela Universidade de Wyoming todas as estações meteorológicas para as cidades brasileiras, no qual limita a pesquisa. Entretanto, de acordo com a NBR 15575-1<sup>24</sup> (2013), recomenda-se

---

<sup>24</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

que na falta de dados deve-se utilizar os dados climáticos da cidade mais próxima geograficamente e com características climáticas semelhantes. Caso os dados do clima da cidade não se assemelhem ao de nenhuma outra cidade, deve-se evitar o método da simulação computacional.

- Das oito cidades brasileiras elaboradas na pesquisa, apenas a cidade de Santos, Goiânia e Picos não apresentam dados climáticos atmosféricos, e não possuem nenhuma outra cidade com características climáticas semelhantes para que possa ser substituída.
- Como análise comparativa dos resultados, se verifica que cada cidade das oito zonas bioclimáticas possuem suas peculiaridades climáticas da região. Por exemplo a cidade de Picos, possui elevadas do que por exemplo a cidade de Caxias do Sul, onde as temperaturas são mais amenas.

A seguir em la Tabla 1, se apresenta um quadro resumo com os valores meteorológicos básicos para inserção na configuração climática do ENVI-met 4.0 (Figura 3). Cabe ressaltar que o clima de cada cidade não pode ser representativo para todas as zonas bioclimáticas, a estratégia metodológica de utilizar apenas uma cidade de cada zona foi apenas para dar uma maior amostragem do Brasil.

**Tabla 1.** Dados meteorológicos básicos para a configuração climática no ENVI-met 4.0.

ZONA BIOCLIMÁTICA 1 (CIDADE DE CAXIAS DO SUL, RS)	<b>VELOCIDADE UWW</b>		ZONA BIOCLIMÁTICA 5 (SANTOS,SP)	<b>VELOCIDADE UWW</b>	
	VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	1,9		VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	3,2
	DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	51°		DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	106°
	RUGOSIDADE	0,1		RUGOSIDADE	0,1
	<b>TEMPERATURA T</b>			<b>TEMPERATURA T</b>	
	TEMPERATURA A 2 M (°C)	26,6		TEMPERATURA A 2 M (°C)	29,4
	<b>UMIDADE Q</b>			<b>UMIDADE Q</b>	
UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	3,25	UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	-		
UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	73,27	UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	86,84		
ZONA BIOCLIMÁTICA 2 (PONTA GROSSA, PR)	<b>VELOCIDADE UWW</b>		ZONA BIOCLIMÁTICA 6 (GOANIA,GO)	<b>VELOCIDADE UWW</b>	
	VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	1,2		VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	1,6
	DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	79°		DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	99°
	RUGOSIDADE	0,1		RUGOSIDADE	0,1
	<b>TEMPERATURA T</b>			<b>TEMPERATURA T</b>	
	TEMPERATURA A 2 M (°C)	28,1		TEMPERATURA A 2 M (°C)	33
	<b>UMIDADE Q</b>			<b>UMIDADE Q</b>	
UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	10,55	UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	-		
UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	82,65	UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	57,78		
ZONA BIOCLIMÁTICA 3 (FLORIANÓPOLIS, SC)	<b>VELOCIDADE UWW</b>		ZONA BIOCLIMÁTICA 7 (PICOS,PI)	<b>VELOCIDADE UWW</b>	
	VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	3,5		VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	1,6
	DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	130°		DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	99°
	RUGOSIDADE	0,1		RUGOSIDADE	0,1
	<b>TEMPERATURA T</b>			<b>TEMPERATURA T</b>	
	TEMPERATURA A 2 M (°C)	29,3		TEMPERATURA A 2 M (°C)	37,4
	<b>UMIDADE Q</b>			<b>UMIDADE Q</b>	
UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	9,38	UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	-		
UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	87,67	UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	43,77		
ZONA BIOCLIMÁTICA 4 (BRASÍLIA,DF)	<b>VELOCIDADE UWW</b>		ZONA BIOCLIMÁTICA 8 (BELÉM, PA)	<b>VELOCIDADE UWW</b>	
	VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	3,3		VELOCIDADE DO VENTO A 10M DE ALTURA (M/S)	2,2
	DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	93°		DIREÇÃO DO VENTO (0:N/90: L/180: S/270: O)	50°
	RUGOSIDADE	0,1		RUGOSIDADE	0,1
	<b>TEMPERATURA T</b>			<b>TEMPERATURA T</b>	
	TEMPERATURA A 2 M (°C)	28,4		TEMPERATURA A 2 M (°C)	32,7
	<b>UMIDADE Q</b>			<b>UMIDADE Q</b>	
UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	8,99	UMIDADE ESPECIFICA DO MODELO A 2.500 M.g/kg	4,16		
UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	63,57	UMIDADE RELATIVA EM 2M (%)	79,7		

## CONCLUSÕES

A elaboração do protocolo de arquivo climático das oito cidades brasileiras estabelecidas na NBR 15220-3, permitiu a organização dos dados climáticos para a inserção dos mesmos na configuração básica meteorológica que o programa de simulação microclimática do software ENVI-met 4.0 estabelece para realizar a simulação e no qual possibilita que outros pesquisadores desenvolvam a criação de arquivos climáticos para outras épocas do ano.

Encontraram-se algumas limitações no desenvolvimento do presente trabalho, ressalta-se por exemplo a dificuldade na obtenção dos dados atmosféricos, pois não se encontram disponíveis os dados para todas as cidades brasileiras, apenas algumas estações meteorológicas. Isso faz com que os dados utilizados sejam provenientes da cidade mais próxima geograficamente ou com características semelhantes como estabelece a NBR 15575-1. Também não existe nenhum protocolo de arquivo climático, fragilizando as pesquisas de clima urbano no Brasil.

Conclui-se que a elaboração de arquivos climáticos prontos e organizados, permite com que o pesquisador possua o norteamento no momento de efetivar os dados climáticos na configuração climática do programa ENVI-met, pois sem eles a ineficácia e ausência dos dados reproduzem erros antes de realizar a simulação. Portanto, utilizar os dados climáticos corretamente se torna parte indispensável para a realização de projetos arquitetônicos e urbanísticos em conformidade com o clima local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de normas técnicas. NBR 15220 (2005).- Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro.
- ASHRAE (2009) – American Society of Heating, Refrigeration and air- conditioning engineers. Fundamental Handbook. Atlanta: ASHRAE.
- ABNT (2013).. Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro.
- Assis, Eleonora Sad de. (1990). Avaliação da influência do uso e ocupação do solo urbano sobre formação da ilha de calor na cidade de Belo Horizonte, MG. ENCAC. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Anais...Gramado.
- Carlo, J C; Lamberts, R. (2005). Relatório Técnico: LabEEE-200504. Processamento de arquivo climático para simulação do desempenho térmico de edificações. ELETROBRÁS/PROCEL, Florianópolis, SC.
- Castelo Branco, Lorena Burgos (2009). Microclima da Superquadra em Brasília. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB. Brasília.
- INMET (2018). Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Fundamentos das Normas Climatológicas do Brasil. Disponível em: <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>.
- Lamberts, R; Melo, A; Sorgato, M; Scheller, C. (2015). Análise de arquivos climáticos para a simulação do desempenho energético de edificações. Laboratório de eficiência energética em edificações. Florianópolis.
- Nakata, C. M.; Souza, L.; Lêa C.;De; Faria, R.G. (2009). Simulação do conforto térmico do pedestre no ambiente urbano. In: 9º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade e Interfaces HumanoTecnologia: Produtos, informações, Ambiente Construído e Transporte. Curitiba.
- PROJETEE (2018). Projetando Edificações Energeticamente Eficiente. Dados climáticos das cidades brasileiras, 2018. Disponível em:<<http://projeteee.mma.gov.br/>>.
- Roriz, M. (2012). Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações, 2012. Relatório Interno, disponível em: < [www.labee.ufsc.br](http://www.labee.ufsc.br)>.
- SILVA, Caio Frederico e.(2009). Caminhos Bioclimáticos. Desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Teresina - PI. Dissertação de mestrado – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.
- University of Wyoming (2010). College of Engineering. Department of Atmospheric Science. Disponível em <<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>.



- 
- *Wieringa, J. et al. (2001). New Revision of Davenport Roughness Classification. In: European & African Conference on Wind Engineering, 3., Eindhoven, 2001. Proceedings... Eindhoven.*

# MODELO DE GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

*Erick Arturo Mellado Cabrera (erick.mellado@hotmail.com); Saulo Moisés Mendez Garza (mendezgarza@yahoo.com); Edgar Virgilio Ayala Zapata (virgilioayala@yahoo.com)*

Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) – Guatemala

**Palabras clave:** Huella de Carbono, Modelo de Gestión, Optimización de Recursos Energéticos, sostenible.

*El presente trabajo se desarrolló en Laboratorio de Investigaciones en Ciencias Ambientales del Centro de Investigaciones de Ingeniería, específicamente en las instalaciones físicas del Centro de investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), lugar que alberga 14 secciones encargadas a la investigación, desarrollo, innovación y análisis de todo tipo de materiales utilizados en la industria del país, así como al desarrollo de técnicas que permiten su implementación y desarrollo, además, en el convergen investigadores, estudiantes y profesionales de la rama de la ingeniería; Debido a ello, surge la importancia de buscar métodos que permitan realizar dichas actividades interactuando de manera adecuada con el medio ambiente, haciendo un uso responsable de los recursos disponibles, contribuyendo así con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y por consiguiente, con los efectos del cambio climático.*

*Mediante el uso de la herramienta de cálculo de la huella ecológica dentro de una organización, se establece un marco referencial que permita medir o cuantificar con base en las reducciones obtenidas de emisiones directas o indirectas de gases de efecto invernadero, que tanto podemos hacer uso responsable de los recursos disponibles, como lo es principalmente el agua y la energía eléctrica, de la mano con una interacción amigable con el medio ambiente.*

*Con el diseño de un modelo de gestión se propone una alternativa de mejora, que permita encontrar métodos alternativos que proponen un uso óptimo de los recursos, respondiendo a las problemáticas de la organización, sin embargo, se convierte en una guía práctica, que puede ser tropicalizada e implementada en cualquier vivienda, organización o industria, ya que, presenta una cosmovisión de cómo podemos vivir con una cultura ambiental que haga de nuestro entorno un ambiente ecológico y sostenible.*

## 1. INTRODUCCIÓN:

El cambio climático es una realidad y uno de los más grandes desafíos en la actualidad, ya que, sus consecuencias pueden ser devastadoras si no se toman acciones en reducir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones generadas GEI; los impactos del cambio climático son sensibles hoy en día con amenazas como el aumento del nivel del mar, riesgos de inundaciones, incremento de temperaturas, pérdidas de cosechas, riesgos en la salud así como alteraciones meteorológicas drásticas a nivel mundial.

Los GEI son generados de forma natural y son importantes para la supervivencia de los seres humanos, mediante el efecto invernadero crean un ambiente habitable en la tierra. A medida que la población, las economías y el nivel de vida crecen, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de GEI, estos acumulados son producto de actividades humanas como consumo energético, actividades industriales y uso inadecuado de recursos.

Dentro de las acciones importantes a implementar en la reducción de gases de efecto invernadero, es importante identificar los focos de emisión principales de estos mediante una estimación de la huella de carbono; la huella de carbono es una herramienta de cuantificación de gases en las actividades de una persona, industria o producto a lo largo de un periodo de tiempo, cuantificando la estimación de gases en toneladas equivalentes de dióxido de carbono.

El principal foco indirecto de emisiones de GEI es el uso de los recursos energéticos, ya que este se encuentra presente en la mayoría de las actividades de una organización, a nivel institucional, una organización genera toneladas de dióxido de carbono equivalentes a consecuencia del uso desmedido e inadecuado de los recursos energéticos, dichos toneladas, pueden reducirse con la implementación de acciones que permitan hacer un uso responsable de estos.

Hoy en día el centro de investigaciones de ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, además de cumplir con el apoyo y fomento del cumplimiento de las políticas de investigación, extensión y docencia dentro de la Facultad de Ingeniería de esta casa de estudios, ofrece diversos servicios a la industria del país, para lo cual es muy importante garantizar una ejecución óptima de los mismos, mediante un uso adecuado de los recursos energéticos, conservando y promoviendo una producción limpia, segura y sostenible en el país, que permita mediante ello, reducir las emisiones indirectas de GEI dentro de sus operaciones de acuerdo a los objetivos de desarrollo sostenible en respuesta a los desafíos impuestos por el actual cambio climático.

El presente trabajo propone establecer un modelo de gestión que permita, mediante el análisis de la situación actual en el CII con la herramienta de estimación de la huella de carbono con base a la normativa internacional ISO 14064-1, buscar alternativas de mejora, que minimicen las emisiones indirectas de GEI, y que promuevan un desarrollo de actividades en busca de la sostenibilidad ambiental.

## 2. OBJETIVOS

- Analizar la situación actual del CII en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero de alcance dos, para establecer un marco de referencia para el desarrollo del modelo.
- Capacitar en la temática de una adecuada cultura ambiental, al personal del CII con el objetivo de obtener una conciencia responsable del uso de los recursos disponibles.
- Establecer estrategias de reducción y buenas prácticas ambientales, para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Desarrollar una propuesta de acción para la correcta utilización de los recursos energéticos en el edificio del centro de investigaciones de ingeniería.
- Referenciar los principales focos de emisiones indirectas de GEI, para generar propuestas que permitan su disminución.
- Elaborar un modelo de gestión que sirva de guía para que sea implementado en otras instalaciones dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Desarrollar un modelo de gestión que contribuya en la transformación a modelo de unidad verde, del Centro de Investigaciones.
- Promover la sostenibilidad medioambiental dentro de las organizaciones, de manera de satisfacer las demandas crecientes de la población.

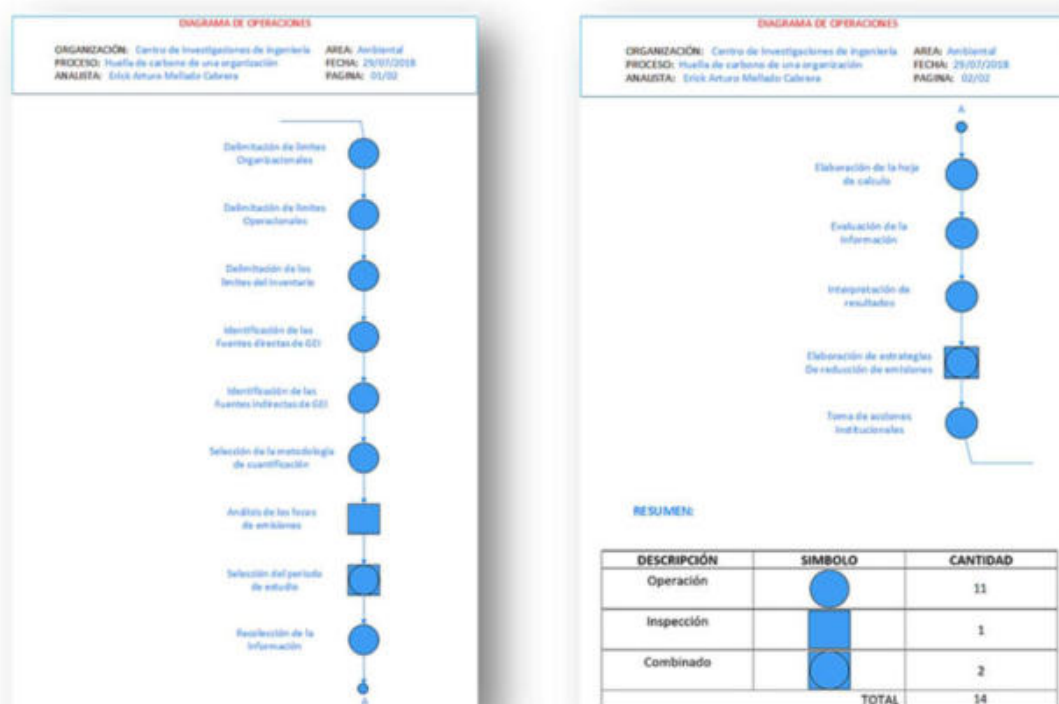
## 3. METODOLOGIA

La norma técnica ISO 14,064-1 “Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero”, reúne los requisitos de diseño, desarrollo y gestiones que se deben

de cumplir para la elaboración de un inventario de gases de efecto invernadero y la adecuada manera de presentación de los informes de dichos resultados; además permite identificar los límites de emisiones, así como las acciones institucionales para su reducción.

Durante el desarrollo se efectúa un cálculo de huella de carbono de una organización incluyendo a sus áreas comerciales la cual es regulada por la normativa técnica internacional ISO 14064:2006-1 y por GHG Protocol, tomando referencias de planes de acción generados por diversos países y por la organización de las Naciones Unidas, artículos científicos, la política ambiental de la universidad de San Carlos de Guatemala.

Para la estimación de Huella de Carbono en el Centro de Investigaciones se desarrollaron cuatro fases en las cuales se comprende Delimitación, Fuentes de Emisiones de GEI, Cuantificación de Emisiones, Análisis de resultados



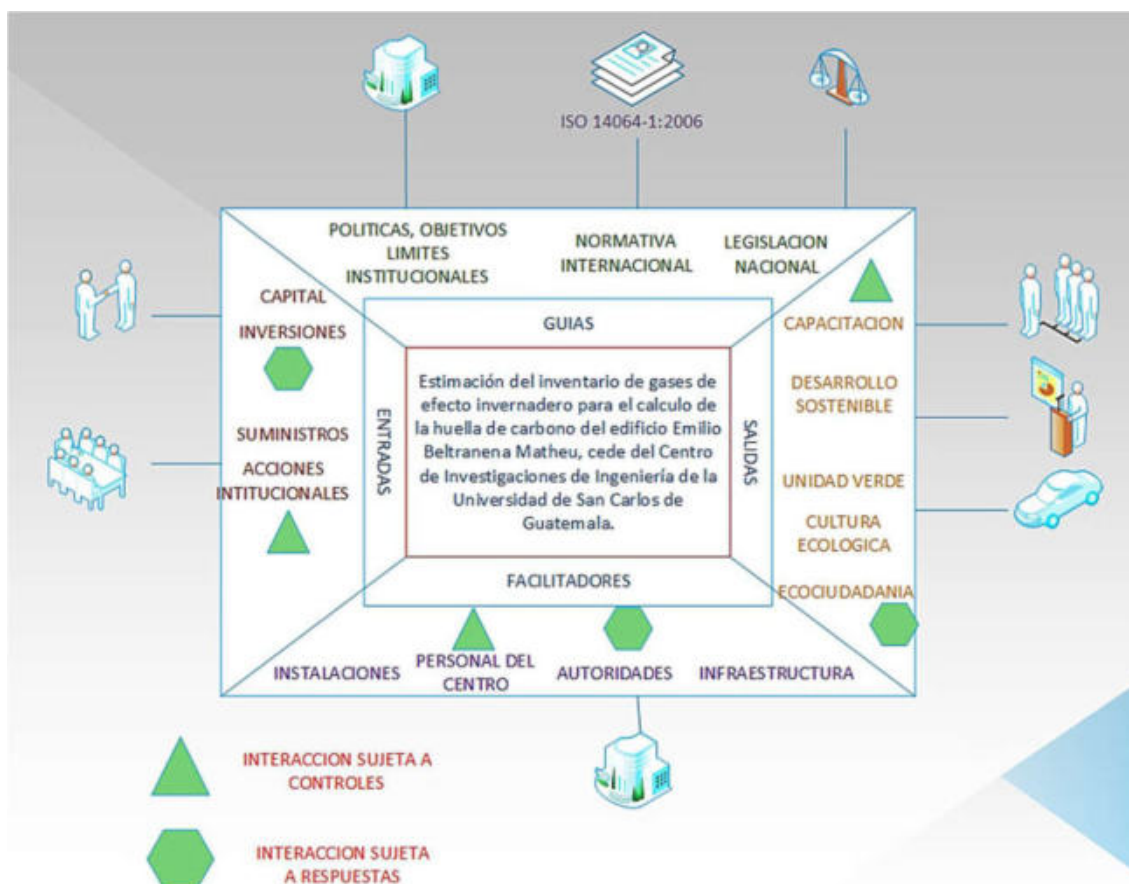
Fuente: Elaboración propia

### 3.1. Delimitación

En la fase de Delimitación se establecen los límites organizacionales y operacionales de la organización así como el alcance técnico del inventario.

Para fijar los límites organizacionales se toma como base el enfoque institucional de la organización; este enfoque debe ser aplicado eficientemente para definir aquellas áreas y secciones que constituyen a dicha organización para fines de cuantificación, reporte y análisis de GEI, se pueden tomar dos criterios al momento de establecer los límites de una organización, estos son el Enfoque de control operacional y el Enfoque de Participación Accionaria.

El enfoque de control asume responsabilidad total por sobre la cantidad de emisiones de GEI estimadas dentro de las actividades, a la organización, institución o empresa bajo estudio; El enfoque de Participación Accionaria propone una cuantificación de GEI en función de la participación monetaria en acciones o en proporción del control operacional.



Fuente: Elaboración propia

### 3.2. Fuentes de Emisiones de GEI

Durante esta fase se identifican focos de emisiones directos e indirectos de GEI; se entiende como fuente o foco de emisión de gases de efecto invernadero, a toda actividad o proceso físico que libera cierta cantidad de GEI hacia la atmósfera; entre dichas fuentes de emisiones encontramos de acción directa y de acción indirecta, una fuente de emisión de gases directa es aquella que pertenece o es controlada por la organización, una fuente indirecta por otra parte es aquella que proviene de la generación de energía eléctrica, calor o vapor de origen externo y que son consumidos por la organización; adicionalmente podemos encontrar otras fuentes de emisiones de GEI, distintas de las emisiones indirectas e indirectas de GEI que son consecuencia de las actividades de la organización, en que a pesar de ser generadas dentro de institución, pertenecen o son controladas por otras organizaciones.

### 3.3. Cuantificación de Emisiones

Es esta fase se establece el periodo de estudio, este es de un año, el periodo comprendido en los meses de julio de 2017 a junio de 2018, durante este año base se establece un primer inventario de emisiones, ya que no se posee un precedente de una cuantificación similar, con este año base, en ocasiones futuras será una referencia para el estudio del cambio en la cantidad de emisiones de GEI durante un nuevo año por determinar.

Adicionalmente se procede a recolectar toda la información necesaria para establecer el inventario, así como el diseño de la hoja de cálculo para la equivalencia en toneladas de CO<sub>2</sub>.



### 3.4. Analisis de resultados

Durante la fase de analisis de resultados de interpretan los resultados obtenidos y se comparan con los impactos esperados, sean estos ambientales, sociales y economicos; adicionalmente se diseñan las alternativas de solución, con las cuales se dise un plan de trabajo que contenga propuestas concretas que den soluciones reales ante pas problemáticas identificadas.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Emisiones Directas

Son aquellas asociadas al consumo de combustibles derivados de petróleo, necesarias para el desarrollo de las actividades fundamentales de la organización, a continuación, se enlistan los principales focos de emisiones identificados dentro de las instalaciones de CII:

- Emisiones por trabajo de Calderas alimentadas por GLP.
- Emisiones generadas por el uso de vehículos móviles alimentados por combustible diésel o gasolina, que intervienen en el desarrollo de las actividades de la organización.
- Emisiones generadas por el uso de vehículos de logística como grúas o montacargas.
- Emisiones ocasionadas por fugas de gases dentro del funcionamiento de maquinarias y equipos que intervienen en el desarrollo de las actividades.
- Emisiones ocasionadas por fugas en equipos de soldadura oxiacetilénica, contenedores de gases industriales.
- Emisiones asociadas a fugas en equipos de refrigeración, climatización o similares que contengan gases refrigerantes.
- Emisiones generadas por reacciones químicas en laboratorios u otros procesos similares.
- Emisiones resultantes de ensayos en los cuales se generen gases como CO<sub>2</sub> o metano ya sea por las piezas ensayadas o por equipos de laboratorio.

### 4.2. Emisiones Indirectas

Las Emisiones indirectas son todas aquellas asociadas a la generación de energía eléctrica necesaria para el desarrollo de las actividades de la organización; La cantidad consumida de energía eléctrica expresada en kW/h por la organización es obtenida por medio del historial obtenido de los registros otorgados en las facturas mensuales de la Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima –EEGSA–.

Estos representan alrededor de un 80% del total de GEI generados, además, de ser el principal foco de emisión posee un gran potencial de reducción por las diversas acciones que pueden tomarse en torno a la temática; Dentro de los principales equipos empleado, se encuentran computadoras, proyectores, equipamiento mayor de laboratorio, sistemas de iluminación, sistemas de ventilación, entre otros.

Para el cálculo de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente se utiliza el total de [kWh] consumido mensualmente utilizando la siguiente relación.

$$CO_2 = CEE * Fe$$

Donde:

- CO<sub>2</sub> = Emisiones de Dióxido de Carbono
- CEE = Consumo de Energía Eléctrica (kWh)
- FE = Factor de Emisión (t CO<sub>2</sub> eq/ kWh)
- 1 kWh = 0.00065 t CO<sub>2</sub> eq

Edificio Emilio Beltranena Matheu (Nuevo CII)				Contador: F-76869		Correlativo: 1271129	
FECHA	ACT.	ANT.	FAC. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jun-18	79660	75600	124382422	4060	7093.78	760.05	6333.73
may-18	75600	71400	122759030	4200	7204.08	771.87	6432.21
abr-18	71400	67340	121154973	4060	7134.70	764.43	6370.27
mar-18	67340	63280	113743241	4060	6907.02	740.04	6166.98
feb-18	63280	58660	112140967	4620	7492.73	802.79	6689.94
ene-18	58660	54740	110499511	3920	6884.27	737.60	6146.67
dic-17	54740	51240	108930647	3500	6352.67	680.64	5672.03
nov-17	51240	47320	107360312	3920	6741.13	722.26	6018.87
oct-17	47320	43120	105768751	4200	6986.37	748.54	6237.83
sep-17	43120	38780	104138388	4340	7097.63	760.46	6337.17
ago-17	38780	34580	102494286	4200	6,952.76	744.94	6,207.82
jul-17	34580	30380	100986255	4200	7035.20	753.77	6281.43
Total kWh				49280			

prefabricados ingenieria				contador: J-38902		Correlativo: 1229023	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	4880	4800	100986253	80	2888.47	309.48	2578.99
ago-17	5040	4880	102494284	160	3,033.58	325.03	2,708.55
sep-17	5280	5040	104138386	240	3056.12	327.44	2728.68
oct-17	5360	5280	105768749	80	2867.11	307.19	2559.92
nov-17	5440	5360	107360310	80	2867.11	307.19	2559.92
dic-17	5520	5440	108930645	80	2867.11	307.19	2559.92
ene-18	5680	5520	110499509	160	3011.67	322.68	2688.99
feb-18	6080	5680	112140965	400	3184.12	341.16	2842.96
mar-18	6320	6080	113743239	240	3075.97	329.57	2746.40
abr-18	6480	6320	121154971	160	2935.04	314.47	2620.57
may-18	6640	6480	122759027	160	2946.45	315.69	2630.76
jun-18	6800	6640	124382420	160	2975.64	318.82	2656.82
Total kWh				2000			

prefabricados ingenieria				contador:		Correlativo: 893453	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	86698	85651	100429627	1047	1,301.61	139.46	1162.15
ago-17	87936	86698	102009761	1238	1,536.95	164.67	1,372.28
sep-17	89045	87936	103645723	1109	1,378.00	147.64	1230.36
oct-17	90083	89045	105201482	1038	1,278.46	136.98	1141.48
nov-17	91209	90083	106473770	1126	1,385.85	148.48	1237.37
dic-17	91412	91209	108414102	203	252.90	27.10	225.80
ene-18	92337	91412	109962652	925	1,165.55	124.88	1040.67
feb-18	93497	92337	111601901	1160	1,458.69	156.29	1302.40
mar-18	94458	93497	113199405	961	1,210.46	129.69	1080.77
abr-18	95460	94458	120586229	1002	1,296.62	138.92	1157.70
may-18	96597	95460	122218540	1137	1,469.73	157.47	1312.26
jun-18	97487	96597	123849687	890	1,153.01	123.54	1029.47
Total kWh				11836			

prefabricados ingenieria				contador:		Correlativo: 893459	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	30473	30056	100429628	417	525.35	56.29	469.06
ago-17	30792	30473	102009762	319	404.60	43.35	361.25
sep-17	31109	30792	103645724	317	395.33	42.36	352.97
oct-17	31377	31109	105201483	268	330.18	35.38	294.80
nov-17	31684	31377	106473771	307	376.54	40.34	336.20
dic-17	31684	31684	108470937	0	11.54	1.24	10.30
ene-18	31950	31684	109960653	266	333.46	35.73	297.73
feb-18	32259	31950	111601902	309	385.46	41.30	344.16
mar-18	32509	32259	113199406	250	314.10	33.65	280.45
abr-18	32805	32509	120586231	296	377.42	40.44	336.98
may-18	33080	32805	122218541	275	351.47	37.66	313.81
jun-18	33277	33080	123849688	197	255.11	27.33	227.78
Total kWh				3221			

CII VIEJO				contador:		Correlativo: 658471	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	65613	58230	100485739	7383	8,972.19	961.31	8010.88
ago-17	72683	65613	102088959	7070	8,841.60	947.31	7,894.29
sep-17	79108	72683	103702169	6425	8,430.05	903.22	7526.83
oct-17	85297	79108	105258146	6189	8,099.54	867.81	7231.73
nov-17	91914	85297	106473661	6617	8,433.75	903.62	7530.13
dic-17	96706	91914	108470840	4792	6,727.75	720.83	6006.92
ene-18	2305	96706	110019515	5599	7,603.15	814.62	6788.53
feb-18	9591	2305	111679045	7286	9,089.29	973.85	8115.44
mar-18	15081	9591	113256675	5490	7,832.40	839.19	6993.21
abr-18	22301	15081	120738200	7220	9,431.49	1010.52	8420.97
may-18	27778	22301	122275575	5477	7,584.53	812.63	6771.90
jun-18	32474	27778	123907114	4696	6,906.94	740.03	6166.91

Total kWh 74244

CII VIEJO				contador:		Correlativo: 658502	
FECHA	ACT.	ANT.	FACTU. No.	KWH	TOTAL MES	IVA	TOTAL
jul-17	39466	38895	100429067	571	715.10	76.62	638.48
ago-17	40119	39466	102009213	653	816.14	87.44	728.70
sep-17	40726	40119	103645214	607	759.46	81.37	678.09
oct-17	41531	40726	105201067	805	994.07	106.51	887.56
nov-17	42272	41531	106473665	741	915.96	98.14	817.82
dic-17	42383	42272	108413576	111	143.52	15.38	128.14
ene-18	42854	42383	109962107	471	599.24	64.20	535.04
feb-18	43449	42854	111601279	595	753.93	80.78	673.15
mar-18	43957	43449	113198823	508	645.40	69.15	576.25
abr-18	44497	43957	120585755	540	704.19	75.45	628.74
may-18	45224	44497	122218077	727	943.98	101.14	842.84
jun-18	45857	45224	123849083	633	823.45	88.23	735.22

Total kWh 6962

Total de kWh consumidos en el año base de estudio = 147,543 kWh

$$CO_2 = CEE * Fe$$

$$CO_2 = 147,543 \text{ kWh} * 0.00065 \frac{t \text{ CO}_2 \text{ eq}}{\text{kWh}}$$
$$CO_2 = 95.903 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

## 5. DISCUSIONES

En el cálculo de las toneladas de CO2 equivalentes de energía eléctrica se le asocia un promedio del 70% del total generado a los sistemas de luminarias instalados en la edificación como se muestra en las siguientes imágenes:



Fuente: luminarias encendidas de gradas, edificio CII Emilio Beltranena Matheu.

Con el reemplazo de sistemas de iluminación podemos reducir drásticamente el consumo de kWh, reduciendo de tal forma las emisiones indirectas de GEI, e implementando tecnologías de generación alternativa de energía como lo son la energía eólica, solar y térmica lograremos crear un entorno sustentable dentro de cualquier comunidad.

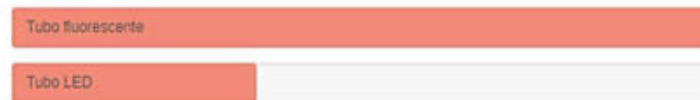
67.13 toneladas de CO2 equivalente son generadas por el uso de luminarias fluorescentes de 60W en las instalaciones del CII, dato que podría reducirse a solo 20.14 toneladas de CO2 equivalente si simplemente se reemplazaran dichas luminarias por sistemas de iluminación led; representaría un ahorro anual de 47 toneladas de CO2 equivalente con una simple acción, si adicionalmente reducimos la cantidad instalada de luminarias, utilizamos métodos de generación alternativa, podríamos hacer de este un mundo mejor.



## Consumos totales LED vs fluorescente

Tubo LED y tubo fluorescente

Tubo de LED	Tubo fluorescente
7W a 10W	25W
13W a 18W	>46W
18W a 23W	>67W



Fuente: <https://www.tubosdeled.com/tabla-de-equivalencias/>

## 6. CONCLUSIONES

Un inadecuado diseño de la distribución de luminarias en la construcción de viviendas en nuevas comunidades puede significar un gran daño ecológico a largo plazo.

Acoger nuevas tecnologías que generen cambios positivos para un entorno sostenible contribuyen altamente en hacer sustentables las comunidades.

Implementar estrategias de concientización sobre el uso responsable de los recursos disponibles genera un gran ahorro económico de la mano de la creación de ambientes medioambientalmente amigables.

Es importante ubicar dentro de nuevas comunidades sistemas de generación alternativa de energía eléctrica, ya que esta es hoy por hoy alrededor de un 80% del total de emisiones que la persona humana genera en el desarrollo de sus actividades.

Conocer la huella ecológica que generamos al planeta nos brinda una visión superior de lo que hacemos con los recursos que disponemos y a donde podemos llegar si los usamos responsablemente.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, S., Duarte, C., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, A., Simó, R., y Valladares, F. (2006) *Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC. p. 165.
- Borquéz, R. (2010) *Huella de Carbono*. Terram. Volumen 26 (número 1). P. 1-9.
- *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe; avances y desafíos del último quinquenio*. Claudio Carpio, Manlio F. Coviello; Organización de las Naciones Unidas – CEPAL. Noviembre 2013.
- *Greenhouse gas protocol, corporate standar*. World resources institute, Washintong D.C. U.S.A
- *Metodología de cálculo de huella en universidades, universidad de Santiago de Compostela*, Noelia López Álvarez
- *Organización Internacional de Normalización –ISO-, Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero 14064-1:2006*
- *Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Comisión ambiental, Guatemala julio de 2014*

## APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES CONSIDERANDO O CONCEITO DE NET ZERO WATER BUILDINGS

*Amanda Oliveira da Silva (amandaoliveira97s@gmail.com); Ana Luzia Leandro Argôlo (analuzia.argolo@hotmail.com); Luiza Barroso Martins Dutra e Mello (luizabmdutra@gmail.com); Tamara Damasceno da Cunha (tamaradamasceno92@gmail.com); Karoline Figueiredo (karolinefigueiredo@poli.ufrj.br); Assed Naked Haddad (assed@poli.ufrj.br); Marcelo Gomes Miguez (marcelomiguez@poli.ufrj.br); Aline Pires Veról (alineverol@fau.ufrj.br)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ - FAU) - Brazil

Universidade Federal do Rio de Janeiro; Escola Politécnica (UFRJ-POLI) - Brazil

**Palavras chave:** aproveitamento de água de chuva, sistemas prediais sustentáveis, net zero water buildings, edificações sustentáveis

*Existe uma relação próxima entre sustentabilidade e uso racional da água, como forma de evitar escassez hídrica e de tornar mais econômico, financeiramente, o uso da água de abastecimento público. Em uma visão sistêmica, a edificação, como célula básica da urbanização, tem importância também no desempenho dos sistemas urbanos e essa consciência é ainda pouco explorada. A discussão edilícia e a urbana caminham, muitas vezes, de forma separada, com particularidades próprias das diferentes escalas de cada um desses contextos. No âmbito dos projetos de sistemas prediais sustentáveis está o conceito de Edifícios com Balanço Hídrico Nulo, cujo termo em inglês é Net Zero Water Buildings (NZWB), que indica que um dado recurso, neste caso, a água, pode ser consumido tanto quanto for a sua produção no próprio local, sem gerar dependência externa, alcançando um equilíbrio entre demanda e disponibilidade, de forma mais sustentável. É importante sua consideração já na fase do projeto de arquitetura, avaliando questões como a máxima redução do consumo e adaptação ao clima local. Este trabalho tem como objetivo conceber um projeto de aproveitamento de água de chuva em uma edificação multifamiliar, que possa ser adaptável a diferentes tipos de edificações, considerando o conceito de NZWB. Nesse sentido, considera-se a oferta de chuva local, a área de captação do edifício, e os possíveis usos da água pluvial na edificação. É desenvolvido o projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais para a situação escolhida. Como principal resultado, são estabelecidas orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB - interface de funcionamento entre edifício civil e seus sistemas prediais.*

### 1. INTRODUÇÃO

Muito se discute hoje sobre sustentabilidade, embora, muitas vezes, não haja uma definição precisa em torno desse conceito e, principalmente, de sua abrangência. Projetos de edificações sustentáveis vêm ganhando espaço na literatura técnica e, em termos dos sistemas hidráulicos e sanitários, existe uma relação próxima entre sustentabilidade e uso racional da água, como forma de evitar períodos de restrição com escassez hídrica e como forma de tornar mais econômico, financeiramente, o uso da água de abastecimento público (Englehardt *et al.*, 2016). Porém, em uma visão sistêmica, a edificação, como célula básica da urbanização, tem uma importância também no desempenho dos sistemas urbanos e essa consciência é ainda pouco explorada. A discussão edilícia e a discussão urbana

caminham, muitas vezes, de forma separada, com particularidades próprias das diferentes escalas de cada um desses contextos (Veról *et al.*, 2018).

Entretanto, há várias questões inter-relacionadas. Uma edificação produz rejeitos. Enquanto os resíduos sólidos são função dos hábitos e do consumo dos habitantes de uma cidade (e, portanto, dos moradores de uma edificação), a geração de escoamentos superficiais depende de como a edificação ocupa o lote, de qual é o seu tipo de cobertura, do quanto as superfícies são impermeabilizadas e, por fim, de quantas e quais são as medidas compensatórias introduzidas em projeto, para evitar a produção direta de escoamento superficial e, assim, garantir a recuperação de parte das funções do ciclo hidrológico natural. Assim, reservatórios de lote podem recuperar parte da retenção superficial perdida com a regularização do solo, pavimentos permeáveis podem recuperar parte da infiltração perdida com as impermeabilizações, telhados verdes podem favorecer a evapotranspiração, reter água na camada de solo e funcionar como reservatório de retenção, utilizando o volume da camada drenante (Miguez *et al.*, 2015). Essas ações ajudam a reduzir e a controlar as inundações no ambiente urbano, que contém as edificações que são a causa de um incremento de escoamentos. Da mesma forma, o consumo excessivo de água, além de custoso para o proprietário e de estressar um recurso natural finito, contribuindo para um quadro de escassez e (eventual) racionamento na escala urbana do abastecimento público, também é diretamente proporcional ao volume de esgoto gerado, o que tende a ameaçar a qualidade dos ambientes natural e construído, se não adequadamente coletado e tratado na escala urbana. Em última análise, a economia de água também reverte em uma economia de energia, uma vez que uma parcela considerável do custo do tratamento e distribuição de água potável se refere aos gastos com energia. Consumindo menos energia, em escala local (no lote), tem-se uma reação em cadeia, em larga escala, com benefícios para o meio ambiente e para a própria cidade.

Portanto, os cuidados com os sistemas hidráulicos e sanitários de uma edificação não são apenas preocupações do usuário direto, que poderá usufruir de um uso racional da água e obter vantagens econômicas, mas, em última análise, reverte para o bem coletivo, para o bom funcionamento da cidade e aponta para um caminho de desenvolvimento sustentável, suportado por ações que se iniciam na escala básica do lote urbano.

No âmbito da discussão dos projetos de sistemas prediais sustentáveis está um conceito novo, o de *Edifícios com Balanço Nulo*, cujo termo em inglês é *Net Zero Buildings*. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency – EPA*), este conceito indica que um dado recurso pode ser consumido tanto quanto for a sua produção no próprio local, sem gerar dependência externa, alcançando um equilíbrio entre demanda e disponibilidade, de forma mais sustentável (EPA, 2018). As pesquisas mais avançadas na literatura são na área de energia, que foram precursores do conceito *Net Zero*, com a definição dos edifícios com Balanço Energético Nulo (*Net Zero Energy Buildings*). Entretanto, já se vem avançando nos conceitos de Balanço Hídrico Nulo (*Net Zero Water Buildings*) e Desperdício Nulo (*Net Zero Waste Buildings*). Portanto, o conceito se aplica à conservação da água, à redução do uso de energia e à eliminação da geração de resíduos sólidos, contribuindo para a melhoria do meio ambiente, proporcionando benefícios econômicos, bem como auxiliando as comunidades a se tornarem mais sustentáveis e resilientes (Joustra e Yeh, 2015a). Para adoção deste conceito, é importante a sua consideração já na fase de projeto, pois assim, desde o desenvolvimento do projeto de arquitetura, questões como a máxima redução do consumo e adaptação ao clima local serão consideradas.

Um edifício NZWB tem como principais objetivos minimizar o total de água consumida, maximizar as fontes alternativas de água e minimizar a descarga de águas residuais para o ambiente e retorno da água para sua fonte original. Em resumo, este é um conceito

inovador, que tornaria o edifício totalmente responsável pela geração de água potável para atender suas demandas, bem como pelo tratamento de todos os resíduos.

Joustra e Yeh (2015b) mencionam que a avaliação do NZWB pode ser considerada em vários níveis hidrológicos: o da edificação em si e o da conexão desta com o sistema urbano, em que as redes públicas de água e esgoto dependem de fontes naturais de água para abastecimento e, posteriormente, descarte de seus efluentes.

No sistema tradicional (Figura 1a) a água potável é fornecida pela concessionária responsável e todo esgoto gerado, tanto águas cinza quanto águas negras, são descartadas e tratadas em uma estação de tratamento do município e a água de chuva é direcionada a rede pública de águas pluviais sem que haja nenhum uso. A proposta do NZWB (Figura 1b) determina que a água de chuva seja tratada no local e transformada em água potável. A alternativa para usos não potáveis é a conjugação de água de chuva com águas cinza, que são residuais levemente contaminadas geradas por torneiras de lavatórios e chuveiros. E que haja o tratamento prévio das águas negras para o descarte na rede pública.

Caso o edifício não esteja localizado dentro da bacia hidrográfica ou aquífero da fonte de água original, será improvável o retorno da água à fonte de água original. Nesses casos, porém, a água irá beneficiar outra bacia, de forma semelhante a uma transposição. Para a natureza, os benefícios permanecem e a redução da captação, pelo reaproveitamento, diminui o estresse hídrico na origem.

Antes da realização de um projeto de um edifício NZWB, é necessária a verificação das diversas alternativas possíveis, verificando a mais adequada para cumprir as metas de desempenho e ideias pré-concebidas, caso a caso. Note-se que há um trabalho importante de arquitetura e projeto, no sentido de gerar, originalmente, já uma menor necessidade de água e energia, favorecendo uma economia de consumo, antes da aplicação das técnicas de reaproveitamento dos recursos.

Para um edifício ser classificado como edificação com NZWB e receber alguma certificação por isso, é necessário que o balanço hídrico calculado entre demanda, geração e reuso de água seja igual à zero. Apesar da proposta de NZWB ser uma meta conceitualmente interessante, principalmente em situações de escassez hídrica, é importante ressaltar a

dificuldade de atingir um balanço verdadeiramente nulo na realidade brasileira. As normas existentes proíbem o uso de água de chuva, por exemplo, para uso potável, sendo a água de abastecimento proveniente da concessionária a fonte mais indicada para esse tipo de consumo. Deve-se destacar também o caráter de saúde pública relativo ao tema e a necessidade de se ter oferta segura de água em quantidade e qualidade. Assim, entende-se que este conceito, como referência para o projeto, possa ser aplicado aqui, de uma maneira adaptada, em que se defina um consumo mínimo como meta (de água da concessionária, por exemplo), tendo como objetivo racionalizar o máximo possível esse recurso e diminuir as dependências externas. Essa é uma proposta mais factível em larga escala, não apenas como ação demonstrativa em edificações especiais.

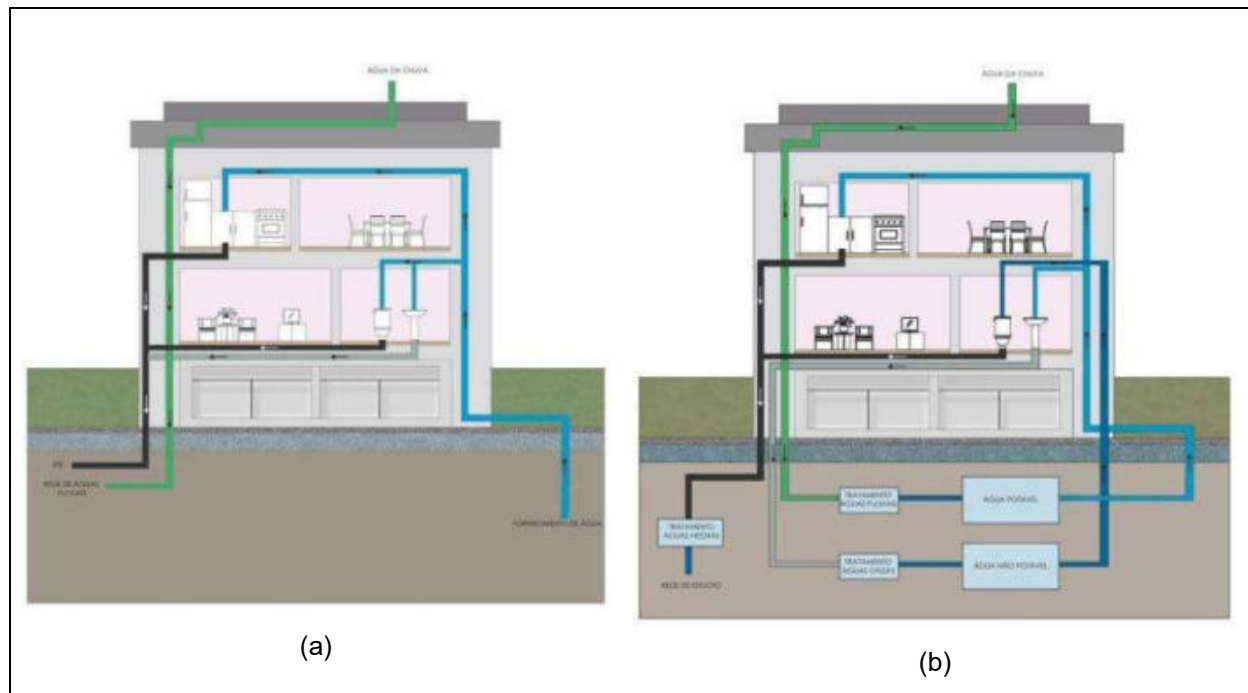


Figura 1. (a) Edifício tradicional; (b) Edifício Net Zero Water Building.

(Elaborado pelos autores)

No Brasil, a lei federal 11.445/2007, conhecida como Lei de Saneamento, incentiva o aproveitamento da água de chuva em edificações, especificando que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base em princípios fundamentais, tais como o combate às perdas de água e estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento ao aproveitamento de águas de chuva (Brasil, 2007). Há, ainda, várias outras iniciativas em andamento, como projetos de lei, visando estabelecer um uso mais eficiente das águas, controlar inundações, isentar impostos ou reduzir alíquotas que incidem sobre materiais/equipamentos utilizados em projetos de aproveitamento de água de chuva, entre outros. Uma iniciativa de grande relevância foi a publicação da NBR 15527:2007, *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos* (ABNT, 2007), que define os requisitos para o projeto de um sistema de aproveitamento de águas de chuva e prevê, dentre as possibilidades de uso da água de chuva, após tratamento adequado, o das descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Já a Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU n° 001 de 27 de janeiro de 2005 (Rio de Janeiro, 2005), em vigor no Rio de Janeiro, prevê usos mais restritos, apenas em lavagens de automóveis, pisos e regas de jardins. Para fins de aproveitamento, a NBR 15527:2007 restringe a área de captação apenas às coberturas, ou seja, aos telhados das edificações. Porém, as superfícies impermeáveis de um lote se referem às áreas de telhado, laje ou piso. Para fins de mitigação de alagamentos e inundações associados a falhas do sistema de drenagem urbana, todas essas áreas podem ser áreas de captação.

Pretende-se, com este trabalho, contribuir para a melhoria do meio ambiente, proporcionando benefícios econômicos na escala da cidade, bem como auxiliando as comunidades a se tornarem mais sustentáveis e resilientes.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo propor um projeto de aproveitamento de águas pluviais em uma edificação multifamiliar, que possa ser adaptável a diferentes tipos de edificações, causando menos impacto ao meio ambiente e visando reduzir o consumo de recursos



naturais já escassos, tendo como base o conceito de *Net Zero Water Building* (NZWB). Propõe-se, mais especificamente, definir orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia de trabalho inicia com a revisão bibliográfica acerca do tema *Net Zero Water Building*. Em sequência, foi feito um levantamento da legislação brasileira, para que houvesse o entendimento dos limites de sua aplicabilidade e os parâmetros de qualidade que a água deveria seguir.

Posteriormente, houve a escolha de um projeto base de uma edificação multifamiliar de padrão médio, sua implantação em um determinado terreno, a identificação de um posto pluviométrico na área de influência do mesmo e a quantificação da oferta de água de chuva, a partir da captação na cobertura do edifício estudado, levando-se em consideração a demanda da edificação.

Uma vez determinada a oferta de chuva local e a área de captação do edifício, iniciou-se o estudo de alternativas para o uso das águas pluviais coletadas. A escolha da melhor alternativa considerou o volume do reservatório e a possibilidade de posicionamento do mesmo. O estudo para o posicionamento do reservatório considerou os impactos positivos e negativos na estrutura do edifício e no terreno.

Após a determinação dos usos contemplados com a água de chuva e o posicionamento do reservatório, foi desenvolvido o projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais para a situação escolhida.

Como etapa final deste estudo, foram definidas algumas orientações para a concepção de projetos de arquitetura que levem em conta um projeto de NZWB (interface de funcionamento entre edifício civil e seus sistemas prediais).

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. Apresentação do Caso de estudo

Para elaboração do trabalho foi escolhido um edifício, baseado na NBR 12721:2006 (ABNT, 2006), de médio padrão multifamiliar (R8-N), que conta com 10 pavimentos além do nível do subsolo, sendo: pavimento térreo, oito pavimentos tipo e cobertura técnica, totalizando uma área construída de, aproximadamente, 5.998m<sup>2</sup>. A escolha deste projeto se baseia em três aspectos: (a) a utilização de um edifício padrão; (b) a representatividade desse modelo, visto que a morfologia e a estrutura dos espaços deste exemplo traduzem o que a cultura da verticalidade no Brasil trouxe como seu estilo principal em grande parte dos edifícios multifamiliares; (c) interesse em um projeto que seja adaptável a diferentes edificações, estando situado em um nível intermediário, tanto em padrão de acabamento, quanto em estrutura construída, atendendo à arquitetura popular também no âmbito econômico.

O terreno localiza-se no bairro de Jacarepaguá, na Rua Franz Weissman, tendo como referência o complexo Rio 2. Sua área é de, aproximadamente, 9.500m<sup>2</sup>, com dimensões de 76 m x 125 m. Pela amplitude do terreno e sua morfologia local, foi decidido que este estudo trabalharia com um condomínio de quatro edifícios que se desenvolvem de acordo com o ponto central do terreno, onde foi inserido o reservatório semienterrado de águas brutas, criando, assim, um espaço de convivência aos moradores. A área de captação, no telhado, possui 5.998m<sup>2</sup>. A Figura 2 apresenta imagens do edifício utilizado como caso de estudo e um esquema de como seria sua implantação no terreno escolhido.



Figura 2. Implantação do Edifício no terreno selecionado. (Elaborado pelos autores)

## 4.2. Avaliação Hidrológica

Durante o processo de estudo da viabilidade do projeto mostrou-se necessária a análise da série hidrológica mensal para determinar a estimativa de oferta de água de chuva naquela região. Para análise da série histórica pluviométrica local fez-se o levantamento dos postos pluviométricos próximos ao terreno, sendo escolhido o posto Jacarepaguá/Cidade de Deus que se localiza na Estrada Mal. Salazar de Moraes, 1409.

A análise dos dados foi imprescindível para o desenvolvimento do projeto de captação de águas pluviais. Por meio deles foi estipulada não só a oferta de água de chuva, como também a previsão dos meses de maior escassez dela. Essas informações foram determinantes para compreender quais usos poderiam ser contemplados pelo sistema e para o dimensionamento do reservatório de águas pluviais. Através dos levantamentos pluviométricos fornecidos pelo Alerta Rio apresenta-se a Figura 3 com as médias históricas mensais e médias de dias secos para o posto analisado, em um período de 20 anos – de 1997 a 2017.

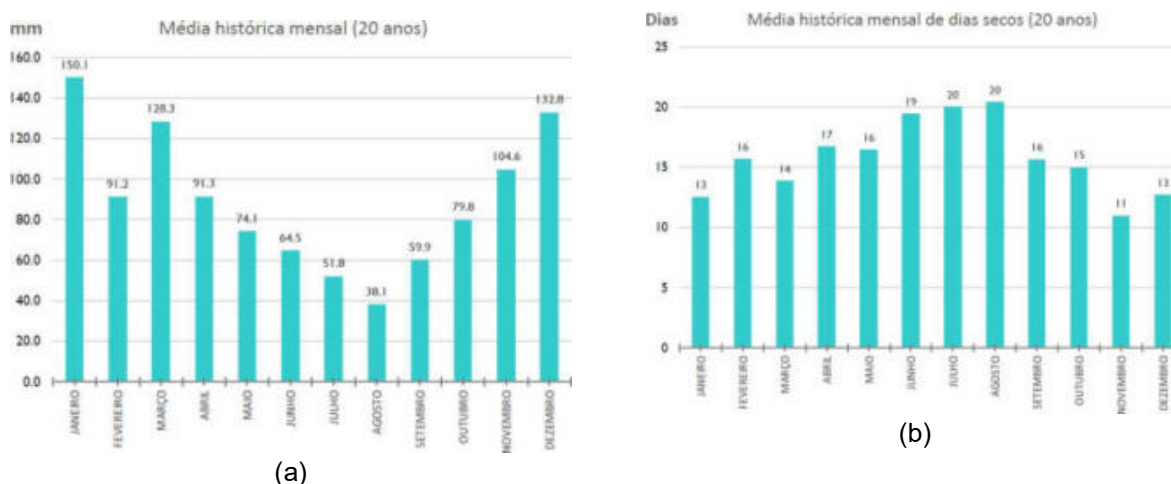


Figura 3. (a) Médias pluviométricas mensais. (b) Média de dias secos. (Elaborado pelos autores)

## 4.3. Estudo das Alternativas

O estudo das alternativas caracteriza-se pelo levantamento de usos que poderiam ser contemplados com a água captada. Primeiramente foram determinadas alternativas que atendessem a um único tipo de uso e que estivessem dentro da legislação brasileira. Nesse processo, percebeu-se que alguns usos não poderiam ser atendidos em sua totalidade;

portanto, foram estipuladas alternativas com o tempo reduzido para tal finalidade. Em segundo lugar, foram consideradas alternativas que não atendessem a legislação brasileira para a captação de águas pluviais. Por último, houve a conjugação de alternativas, totalizando treze alternativas de consumo da água chuva, conforme apresentado pela Tabela 1.

Após a definição das alternativas iniciou-se o processo de estudo da viabilidade de cada uma delas. Primeiramente, por meio da estimativa de consumo de água diário e, posteriormente, mensal, gerados por cada uma delas. As estimativas de consumo para cada opção foram relacionadas com a oferta de água mensal.

Dentre as opções calculadas usando parâmetros de gastos fornecidos pela série DTA (Documentos Técnicos de Apoio) do Programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (PNCDA) do Ministério das Cidades (Ministério do Planejamento e Orçamento, 2003), foi escolhida a alternativa 13 que diz respeito à lavagem de piso por 2 horas, equivalente a 30 minutos por edificação, e irrigação de jardim. A Tabela 2 apresenta o dimensionamento do volume do reservatório para acúmulo de águas pluviais, considerando o volume de chuva recolhido na cobertura e o consumo, previamente calculado; a soma das diferenças negativas resulta no volume necessário para o reservatório de águas pluviais. Foi escolhida esta alternativa com base no volume do reservatório, tendo esta situação sido a de valor mediano em relação às outras calculadas, dando margem para a aplicação de um reservatório de medidas razoáveis, dado o espaço disponível no terreno.

Com base neste dimensionamento, obtém-se o volume de 87,61 m<sup>3</sup> para o reservatório, que pode ter dimensões iguais a 6 m x 2 m x 8 m (largura x altura x profundidade), se for prismático, ou 2 m x 7,6 m (altura x diâmetro), se for cilíndrico. Considerando a resolução conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 2005 obteve-se, ainda, o volume mínimo para o reservatório de águas pluviais, de aproximadamente 12m<sup>3</sup>, o que mostra que o reservatório calculado para o empreendimento está dentro das exigências legais.

Tabela 1. Alternativas para aproveitamento de água de chuva e consumo diário correspondente..

Alternativas	Descrição do uso	Consumo diário (L)
1	Irrigação de jardim	675
2	Lavagem de automóveis	3200
3	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 1 h	180
4	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min	90
5	Bacias sanitárias	1920
6	Tanque	1152
7	Máquina de Lavar Roupa (MLR)	4224
8	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 1 h + irrigação de jardim	855
9	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min + irrigação de jardim	765
10	Lavagem de 30% dos automóveis	960
11	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min + irrigação de jardim + lavagem de 30% dos automóveis	1725
12	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 30 min + irrigação de jardim + lavagem de 10% dos automóveis	1085
13	Lavagem de pisos de áreas comuns por período de 2 h + irrigação de jardim	1035

Tabela 2. Alternativa 13 - Lavagem piso 2h + irrigação jardim

Mês	Média histórica mensal pluviométrica (mm)	Área telhado (m <sup>2</sup> )	Volume chuva no telhado (m <sup>3</sup> )	Dias secos	Consumo (m <sup>3</sup> )	Diferença entre Vol. chuva no telhado e Consumo (m <sup>3</sup> )	Volume reservatório (m <sup>3</sup> )
Jan	150,06	1348	202,28	13	77,0	125,27	-87,61
Fev	91,15	1348	122,87	16	86,5	36,34	
Mar	128,32	1348	172,97	14	80,6	92,36	
Abr	91,33	1348	123,11	17	88,3	34,78	
Mai	74,14	1348	99,94	16	87,6	12,38	
Jun	64,49	1348	86,93	19	95,7	-8,72	
Jul	51,84	1348	69,88	20	97,2	-27,32	
Ago	38,07	1348	51,32	20	98,2	-46,91	
Set	59,88	1348	80,71	16	85,4	-4,66	
Out	79,81	1348	107,59	15	83,7	23,89	
Nov	104,56	1348	140,94	11	72,8	68,17	
Dez	132,82	1348	179,04	13	77,4	101,64	

#### 4.4. Projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais

Nesta etapa será desenvolvido o projeto do sistema predial de aproveitamento de águas pluviais, considerando critérios de sustentabilidade e economia do sistema. Assim, foram analisadas três situações distintas para o posicionamento reservatório: (a) cobertura; (b) enterrado no térreo; (c) elevado no térreo, integrado com o projeto paisagístico (Figura 4).

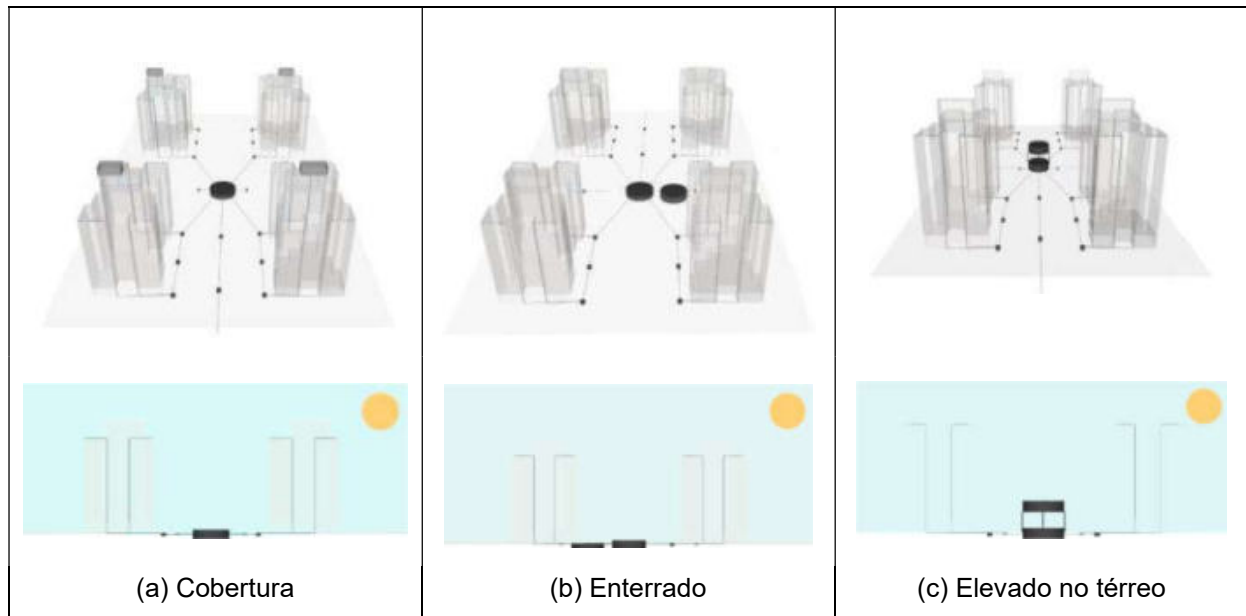


Figura 4. Possibilidades de posicionamento do reservatório de acumulação de águas pluviais no edifício em estudo. (Elaborado pelos autores)

Na situação (a), água seria captada na cobertura, levada ao reservatório semienterrado de águas brutas no centro do terreno através de prumadas e caixas de areia, filtrada no local e bombeada para os reservatórios superiores de águas tratadas. Cada edifício contaria com um ponto de água que seria abastecido por colunas de água de aproveitamento por gravidade, dispensando o uso de bombas. Esta situação foi descartada porque exige espaço para dois reservatórios superiores (de água potável e de água de aproveitamento) - este edifício não possui espaço necessário na cobertura para comportar o reservatório, além de empregar uma maior quantidade de tubulações.

Na situação (b), a água também seria captada na cobertura, levada ao reservatório semienterrado de águas brutas no centro do terreno e filtrada no local. Sua diferença em relação à situação anterior se deve à transferência da água para o reservatório enterrado de águas tratadas. O abastecimento dos quatro pontos de água seria efetuado pela utilização de dois conjuntos moto bomba. Considerando que o uso desta água é secundário, pode-se deduzir que existiria alguém responsável por fazer a manutenção das áreas comuns. Contudo, esta situação não é tida como ideal por haver a necessidade de ligar a bomba cada vez que um ponto fosse utilizado.

Na situação (c), a água seria captada na cobertura, levada ao reservatório semienterrado de águas brutas no centro do terreno, filtrada no local e transferida, através do conjunto motobomba, para um reservatório de água tratada, elevado a 3 metros. Cada edifício contaria com um ponto de água (totalizando quatro pontos de água), dispensando o uso de bombas. Optou-se por esta situação, levando em consideração o desafio de posicionar um reservatório elevado no centro do que seria a área social do condomínio. Para tal, trabalhou-se na integração do volume com o paisagismo. O dimensionamento das bitolas destas novas colunas, de abastecimento dos pontos com águas pluviais, foi realizado com base NBR 5626 (ABNT, 1998); que indicou a adoção de bitolas DN 20 mm. A Figura 5 traz imagens do projeto escolhido.



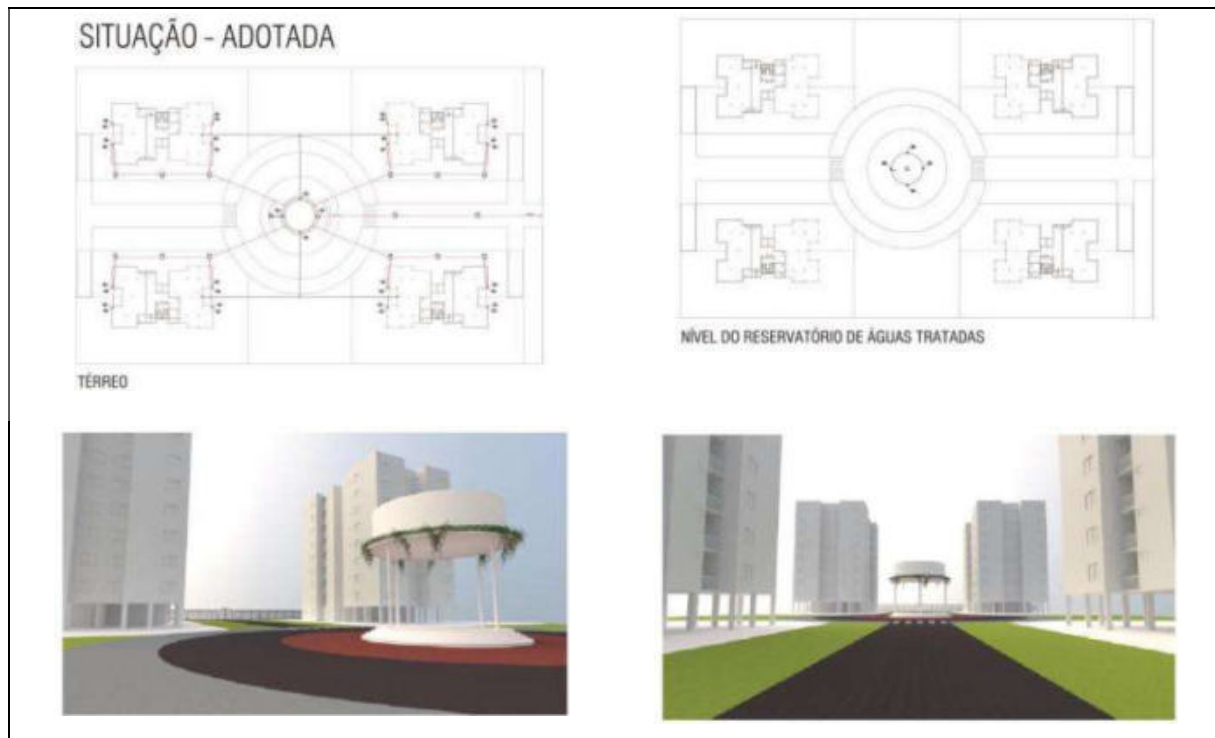


Figura 5. Projeto do sistema escolhido. (Elaborado pelos autores)

Foi previsto um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial, conhecido como *first flush*. Ele é utilizado como um segundo filtro, que descarta possíveis detritos trazidos do telhado. Normalmente é captado entre 12,5 mm a 20 mm do escoamento superficial inicial e retido até seu descarte, que pode ocorrer de diferentes formas. Neste projeto, foi utilizado o tubo vertical com válvula esférica, uma “bola” esférica que, de acordo com o volume de água, veda uma superfície fixa localizada abaixo da saída para o reservatório de água bruta.

#### 4.5. Net Zero Water Building

Para esta situação, foi calculada a menor área de telhado necessária para suprir o consumo total da edificação em estudo. Para tal, foi considerado o uso de água pluvial em todos os aparelhos sanitários do prédio + lavagem de piso por 2 horas + irrigação de jardim + lavagem de automóveis. Esta situação foi calculada para fins de comparação com os resultados obtidos, não sendo possível sua aplicação no estado do Rio de Janeiro devido às restrições da legislação vigente. A Tabela 3 traz os resultados obtidos, indicando que seria necessária uma área de telhado igual a 2.828,1 m<sup>2</sup> para atender a demanda total da edificação, ou seja, caracterizando a situação de NZWB.

#### 4.5. Orientações para projetos de Arquitetura considerando o conceito de NZWB

Com base no estudo realizado e apresentado neste artigo, são propostas as seguintes orientações para a elaboração de projetos de Arquitetura com o conceito de NZWB:

- dispor de área de captação para recolhimento de grande volume de água de chuva;
- dispor de área de cobertura para abrigar um segundo reservatório superior, de aproveitamento de água de chuva;
- considerar os usos da água pluvial e a demanda da edificação para projetar;
- dispor de espaço no térreo (ou subsolo) para abrigar o reservatório de águas a serem tratadas;
- considerar a troca ou utilização de aparelhos economizadores no projeto, que demandam menos água que os tradicionais (tornando o aproveitamento de água de chuva mais efetivo);

- estudar os edifícios caso a caso para melhor implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 3. Dimensionamento da cobertura da edificação considerando NZWB

Mês	Média histórica mensal pluviométrica (mm)	Consumo Total (m <sup>3</sup> )	Volume chuva no telhado (m <sup>3</sup> )	Área telhado (m <sup>2</sup> )
Jan	150,06	86,5	86,5	576,1
Fev	91,15	96,0	96,0	1052,9
Mar	128,32	90,1	90,1	701,8
Abr	91,33	97,8	97,8	1070,5
Mai	74,14	97,0	97,0	1308,3
Jun	64,49	105,1	105,1	1629,7
Jul	51,84	106,6	106,6	2057,0
Ago	38,07	107,7	107,7	<b>2828,1</b>
Set	59,88	94,8	94,8	1583,5
Out	79,81	93,1	93,1	1167,0
Nov	104,56	82,2	82,2	786,3
Dez	132,82	86,8	86,8	653,8

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo propor um projeto de aproveitamento de águas pluviais em uma edificação multifamiliar, tendo como base o conceito de NZWB. Constatou-se pequena economia de água potável após a implantação do projeto proposto, em virtude de três fatores: as limitações da legislação local quanto aos possíveis usos para esta água; a pequena área de captação disponível na cobertura do edifício estudado; e a disponibilidade de área para posicionamento do reservatório de acumulação de água de chuva.

A pequena área de cobertura foi o principal agente limitador. Conforme apresentado anteriormente, algumas alternativas foram descartadas em virtude de demandarem uma área de captação muito maior para que sua demanda fosse suprida. Além disso, é preciso considerar os impactos de um reservatório de aproveitamento de águas pluviais sobre a estrutura e sua influência na sustentabilidade do projeto. Considerando que o reservatório projetado é cerca de sete vezes maior que o previsto pela norma local, fica claro que o mesmo possui pouca versatilidade quando diz respeito a sua implementação em edifícios já construídos que não dispõem de área livre suficiente.

Para que esta edificação atingisse o status de edifício NZWB, que levaria a economia de recurso ambiental e também financeira, algumas questões deveriam ser reconsideradas, tais como: a legislação brasileira para aproveitamento de águas pluviais, que possui diversos entraves, como a restrição da alimentação de alguns aparelhos sanitários por água pluvial ou de reuso; e a área de captação do projeto, visto que esse foi um fator que eliminou diversas situações estudadas. Também deveriam ser conjugadas mais ações, como o emprego de aparelhos economizadores, e o tratamento e reuso de águas cinza. Os aparelhos economizadores reduziram a vazão de projeto, economizando água potável e diminuindo os desperdícios. O sistema de reuso de águas cinza, além de atuar na redução do consumo, também afetaria na quantidade de esgoto gerada e na sua qualidade.

Esta é a primeira etapa de uma pesquisa em andamento, que tem como próximas etapas:

- propor a substituição dos aparelhos sanitários tradicionais por aparelhos economizadores;
- avaliar o percentual de economia que essa mudança produziria, levando-se em consideração os custos para sua implantação e a economia que a mesma geraria;
- avaliar a possibilidade de implantação de um sistema de reuso de águas cinza no edifício em questão, quantificando a vazão do efluente gerado e destacando quais usos poderiam ser cobertos por ele, com elaboração de um projeto que contemple todo o processo;
- calcular a economia de água potável considerando a implantação tanto do sistema de captação de água de chuva quanto do reuso de águas cinza;
- fazer o orçamento para a implantação do sistema na edificação em estudo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1998) NBR 5626: *Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2006) *Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2007) NBR 15527: *Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*. Rio de Janeiro.
- Brasil (2007). *Lei de Saneamento Básico, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007*. Brasília, DF.
- Englehardt, J. D., Wu, T., Bloetscher, F., Deng, Y., Du Pisani, P., Eilert, S., Tchobanoglous, G. (2016). *Net-zero water management: Achieving energy-positive municipal water supply*. *Environmental Science: Water Research and Technology*. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c5ew00204d>
- EPA - United States Environmental Protection Agency (2018). *Net Zero Concepts and Definitions*. Disponível em: <<https://www.epa.gov/water-research/net-zero-concepts-and-definitions>>. Acesso em: 28 março 2018.
- Joustra, C. M., & Yeh, D. H. (2015a). *Framework for net-zero and net-positive building water cycle management*. *Building Research and Information*, 43(1), 121–132. <https://doi.org/10.1080/09613218.2015.961002>
- Joustra, C., & Yeh, D. (2015b). *Decision support modeling for net-zero water buildings*. In *Proceedings - Winter Simulation Conference (Vol. 2015-January, pp. 3176–3187)*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/WSC.2014.7020154>
- Miguez, M.G.; Veról, A.P.; Rezende, O.M. (2015) *Drenagem Urbana: do Projeto Tradicional à Sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Ministério do Planejamento e Orçamento (2003). *DTA F3: Código de Prática de Projeto e Execução de Sistemas Prediais de Água - Conservação de Água em Edifícios*. MPO, Secretaria de Política e Urbana.
- Rio de Janeiro – Município (2005). *Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro*. *Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004*.
- Veról, A.P.; Vazquez, E. G.; Miguez, M.G. (2018). *Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários: Projetos Práticos e Sustentáveis*. Rio de Janeiro, Elsevier, 2018.

# ANÁLISE DA PAISAGEM URBANA: UM ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DE PACIÊNCIA, RIO DE JANEIRO, BRASIL.

*Elizabeth Sá Barreto Lopes Nogueira (elizabethsabarreto@gmail.com); Andressa Ivo Oliveira da Silva (andressaivo@yahoo.com.br); Daniel Athias de Almeida (athias.arquitetura@gmail.com)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU); Programa de Pós-Graduação em Arquitetura; Grupo de Sistema de Espaços Livres (PROARQ-SEL) - Brazil

**Palavras chaves:** espaços livres, Paciência, paisagem urbana.

*O presente trabalho é produto final da disciplina Arquitetura da Paisagem do Curso de Pós-Graduação em Arquitetura do PROARQ, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, que apresenta como ementa a análise e investigação de uma localidade, por meio de uma metodologia já definida. Seu conteúdo é a caracterização de parte do território - Santa Cruz - da Área de Planejamento 5 (AP5), na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. Os principais objetivos consistem em uma análise dos sistemas de espaços livres nos âmbitos regional, Santa Cruz, e local, bairro de Paciência. A metodologia adotada pertence aos grupos Quapá-Sel, ProLugar e GAE do PROARQ-FAU-UFRJ e possibilita determinar e sistematizar a evolução urbana de uma paisagem, assim como entender as tendências de seu crescimento. Essa análise considera também as possibilidades de recuperação da área, seus elementos formadores e estruturadores da identidade da paisagem, além de identificar uma relação histórica e afetiva entre os moradores e o lugar. A estruturação metodológica inicia-se com a fundamentação teórica - definição dos conceitos de Território, Paisagem e Sistema de Espaços Livres- preparatória das visitas exploratórias ao objeto em estudo, que resultam em uma gama de informações que servem de base para as investigações em diferentes escalas. A relevância do presente trabalho dá-se como apresentação da metodologia utilizada e sua aplicação em uma região da cidade do Rio de Janeiro, que é constantemente negligenciada tanto pelo Estado quanto pelos estudos acadêmicos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em que medida é possível determinar as transformações urbano-paisagísticas na paisagem? Como sistematizar crescimentos e alterações no tecido socioespacial ao considerar as reais possibilidades de recuperação dos elementos formadores e estruturadores da identidade de um território? Quais os vetores existentes para entender as relações de ordem afetiva entre os moradores e o lugar? E mais, como tais relações se refletem no desenho da paisagem e na formação e usos dos seus espaços livres públicos?

Considerando os questionamentos acima indicados, definimos a matriz conceitual que indicará as abordagens que serão realizadas neste artigo, tendo como pano de fundo um estudo analítico de uma parcela territorial dos bairros de Santa Cruz, Paciência e Sepetiba<sup>25</sup>, na região suburbana do Rio de Janeiro. Parte desse trabalho é um desdobramento das investigações realizadas no plano teórico-conceitual e em in situ na

<sup>25</sup> Esses bairros fazem parte da XIX Região Administrativa e estão localizados na Área de Planejamento 5 – AP5, situada na zona oeste do Município, que dista quarenta quilômetros do centro urbano do Rio de Janeiro e possui uma população estimada de 217.333 habitantes (IBGE, 2010).

região escolhida, área esta que foi o foco de discussão da disciplina de Arquitetura da Paisagem<sup>26</sup>. O recorte revela uma complexidade urbano-paisagística que caracteriza a região, sendo considerada uma área periférica que concentra atividades industriais, um tecido socioespacial com favelas e comunidades de baixa renda e relevantes manchas urbanas desconectadas. Há, também, um tecido urbano historicamente expressivo formado por antigas estâncias balneárias, uma ocupação pelo poder público de determinadas áreas e faixas do território com um caráter residencial, derivadas da expansão ferroviária do final do século XIX.

As visitas in situ, e o material levantado pelas pesquisas históricas e referenciais da paisagem, adquiridos a partir do banco de dados do Grupo de Pesquisa SEL-RJ<sup>27</sup>, explicitaram entre outras coisas aspectos temporais da paisagem, nortearam nossa análise no que diz respeito à estrutura morfológica e, em especial, aos aspectos funcionais do sistema de espaços livres, que no caso deste trabalho é o elemento de grande valia para nossos estudos. Nossos olhares perceberam dicotomias nas configurações espaciais existentes no local e como o território apresenta singularidades que ajudaram a entender os porquês de sua atual configuração urbano-paisagística. Nesse sentido ficou evidente que vastas áreas de estuário junto à baía de Sepetiba, mesclado às planícies costeiras e maciços litorâneos baixos, são vetores fundamentais para interpretar a dinâmica desse tecido urbano que hoje se revela como um entrave para a estruturação de políticas públicas que venha senão sanar, ao menos amortizar os problemas de cunho socioespacial que esta região vive na sua contemporaneidade.

Como referencial teórico para embasar a análise e compreensão dos espaços livres, a discussão foi referenciada em trabalhos como de Mônica Bahia Schlee et al. (2009), Milton Santos (2008), Miranda Magnoli, (2006), Silva et al. (2013) e Souza (2015). Particularmente no trabalho de Mônica Bahia Schlee há uma distinção na construção do conceito de Território que nos é bastante útil para a análise que aqui desenhamos. A pesquisadora destaca que o mesmo é uma construção social que se manifesta em uma base física por meio de apropriações individuais e coletivas. Nos demais autores também referenciados encontramos fundamentos que ajudam a enfrentar questões centrais como a paisagem, o ambiente e a própria ideia de sistema de espaços livres.<sup>28</sup>

A matriz conceitual do trabalho considerou o preposto teórico que fundamenta as discussões sobre Unidades de Paisagem e partiu dos elementos que norteiam esse conceito. Portanto, buscou-se um liame que refletisse o estudo aqui apresentado. Assim a região com seus três bairros, resultou, após análise, em três Unidades de Paisagem: a Unidade de Paisagem 1 cujos limites estão referenciados no bairro de Santa Cruz; a Unidade de Paisagem 2, que tem seus limites no bairro de Sepetiba e a Unidade de Paisagem 3, que se localiza integralmente no bairro de Paciência. Estudou-se a unidade de

---

<sup>26</sup> A disciplina Arquitetura da Paisagem faz parte do curso de Pós Graduação em Arquitetura do PROARQ, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro–UFRJ. É ministrada pelos professores Vera Tângari e Rubens de Andrade.

<sup>27</sup> Grupo de pesquisas sobre Sistemas de Espaços Livres no Rio de Janeiro sediado no PROARQ da FAU-UFRJ.

<sup>28</sup> Em Schlee e outros o Território é uma construção social que se manifesta em uma base física por meio de apropriações individuais e coletivas; Paisagem incorpora processos biofísicos e sociais nela refletidos em estágios diferentes de intervenção humana; Ambiente se dá a partir da visão do ser humano, como um dos que interagem no meio biofísico, cultural e simbólico, relacionando a sua vivência com impactos dessa interação; Sistema que pode ser dividido em subsistemas ou fazer parte de um sistema maior; e Espaço que associa estrutura, função e lugar à uma base física, buscando definir atributos de valorização social, ambiental e cultural a eles associados.



paisagem 3, Paciência<sup>29</sup>, porque apresenta características distintas das outras e se destaca entre os três bairros.

A análise, segundo as características de uma Unidade de Paisagem, identificou uma estrutura urbana bastante homogênea, predominante residencial e contínua, contrastando com o contexto maior da AP5 – Área de Planejamento 5, onde a descontinuidade e heterogeneidade das manchas urbanas são a regra. A linha do trem foi um fator de desenvolvimento da região e as estações foram articuladoras dos espaços, assim como a estação do BRT. O suporte biofísico existente é composto de planícies, pequenos morros, rios e áreas alagáveis.

A Paisagem de Santa Cruz sofreu diversas alterações: de local de passagem e pouso da família real, converteu-se em um zona periférica com um complexo sistema de espaços livres residuais, grandes conjuntos habitacionais, zonas industriais, áreas dominiais sob controle do exército, e faixas de território descontínuas separadas por limites rodoviários de grande peso como a rodovia BR-101/Av. Brasil. É possível observar nessa paisagem marcos relevantes que indicam a ocupação histórica da região. O antigo matadouro, a ponte dos jesuítas, a fonte Wallace, o batalhão da polícia militar, o hangar do Zeppelin, a igreja Nossa Senhora da Conceição, as torres de transmissão, as linhas férreas e de ônibus expresso (Bus Rapid Transportation - BRT), Villa Operária, a Casa da Moeda.

Paciência, a Unidade de Paisagem estudada, é uma pequena fração deste território, mas é mais compacta e homogênea que as demais áreas, fruto justamente de uma ocupação mais antiga do território. Em Santa Cruz esses Espaços Livres estão distribuídos entre topos de morro, vias, praças, quadras, lotes fragmentados, rios, espaços privados e espaços dominiais. Identificou-se em Paciência uma vasta quantidade de praças espalhadas pelo território, muitas ocupadas por quadras esportivas, clínicas de pronto atendimento e escolas municipais, o que explicita um descaso administrativo no que tange a manutenção e o tratamento dos espaços livres públicos.

À luz dos autores selecionados e considerando nossas análises, a R.A. de Santa Cruz pode ser interpretada como um território cuja trajetória histórica possui uma vigorosa alteração frente ao contexto socioespacial, econômico e cultural e porque não dizer político. Nessa dinâmica das mudanças, adições e subtrações espaciais e societárias podemos destacar um período importante onde a região foi entreposto comercial no tempo do império, local de repouso da família real, e mais contemporaneamente, um balneário turístico que se caracterizou como uma área de expansão urbana do Rio de Janeiro, sendo atualmente considerada “zona de crescimento assistido”. Interpretando esse conjunto de questões nossa interpretação lança uma luz em pontos que revelam as tantas camadas de contradições e complexidades desse tecido urbano e como o mesmo sofreu e ainda hoje é atingido por um jogo de forças políticas e econômicas que dilapida o cotidiano de suas paisagem e altera no sentido negativo a construção dos seus espaços públicos devido, a nosso ver uma política pública de uso de solo urbano aquém da relevância dessa região para a cidade do Rio de Janeiro seja no plano social, político e cultural.

---

<sup>29</sup> Sua população é estimada em 85.432 habitantes – 25.075 domicílios – numa área de 2.741,80 ha. Existem 25 escolas municipais e uma das estações ferroviárias mais antigas do país. Seu tecido urbano é homogêneo e tem uma ocupação predominantemente horizontal e residencial, divergindo do contexto geral da AP5.

## 2. OBJETIVOS

Os principais objetivos consistem em: analisar os sistemas de espaços livres nos âmbitos regional e local – bairro de Paciência –; obter uma gama de informações como base para as investigações em diferentes escalas; utilizar a metodologia apresentada para exploração de uma área da cidade constantemente negligenciada tanto pelo Estado quanto pelos estudos acadêmicos.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia de análise foi dividida em três etapas: 1) Visita exploratória ao local de estudo; 2) Análise tipo-morfológica da paisagem e do sistema de espaços livres na escala urbana; 3) Estabelecimento de critérios de avaliação morfológica na escala local em cada unidade de paisagem.

A primeira etapa foi realizada em dois grupos de análise territorial: mapeamento dos Fluxos (mobilidade urbana) e os Fixos (equipamentos de relevância que conformam o território), segundo os dados da base do grupo de pesquisa SEL-RJ. Através da primeira visita exploratória, segundo um roteiro previamente estabelecido que privilegiava o núcleo histórico, o entorno ferroviário e a centralidade do bairro de Santa Cruz, foram identificados os marcos referenciais da paisagem. Em seguida, no atelier, foram realizados mapas mentais do trajeto percorrido.

O trajeto a pé permitiu, inicialmente, perceber a diferença de usos entre os dois lados de Santa Cruz, tendo a linha de trem como limite. O lado norte há um uso mais institucional e o sul mais comercial. Esse percurso foi realizado em uma área bem consolidada urbanisticamente, mas com grande diversidade do tecido urbano, e marcada pela centralidade da estação de trem. A ocupação urbana dá-se a partir da linha do trem e das estradas principais. Os espaços livres existentes são fragmentados e com forte presença de território dominial. O trajeto feito de carro afastou-se da área central e observou as áreas mais residenciais, além da presença de algumas instituições públicas, como as escolas e a Vila Olímpica. Alguns dos grandes vazios urbanos têm sido ocupados por indústrias e conjuntos habitacionais, mas ainda existem muitos.

Santa Cruz apresenta características de bairro periférico por ser afastado do Centro do Rio de Janeiro e ter baixa concentração de renda, mas ao mesmo tempo revela traços de um passado real. Passado que permaneceu arquitetonicamente na sede da Fazenda de Santa Cruz e o Palacete da Princesa Isabel, que abrigou a sede do antigo Matadouro de Santa Cruz.

Na segunda etapa fez-se a análise tipo-morfológica da paisagem e do sistema de espaços livres na escala urbana, segundo os seguintes temas: processos de constituição morfológica e transformação da paisagem; suporte físico: relevo, hidrografia x cobertura vegetal; vetores de ocupação: atividades econômicas e fluxos; evolução da mancha urbana: padrões de ocupação e tipos construtivos; planos, leis e agentes de transformação: marcos do processo de ocupação; mapeamento temático sobre o território; unidades de conservação e de preservação ambiental; espaços livres públicos: praças, parques, calçadas, orlas, praias etc.; espaços livres privados, perfil do mercado imobiliário, padrões de ocupação e tipos de tecidos urbanos e impactos de investimentos públicos e de projetos de grande porte.

A etapa conclui-se com a definição de três Unidades de Paisagem, que, coincidentemente, localizam-se cada um nos próprios bairros da Região Administrativa. Santa Cruz, constituída de um centro urbano consolidado e contíguo e com partes dispersas. Sepetiba, com uma ocupação voltada para o mar – originalmente um balneário–, que foi modificada pela chegada de indústrias atraídas pelo porto de Sepetiba. A terceira, a mais homogênea das três, é Paciência, ocupada por uma edificação horizontal, principalmente, ao longo da ferrovia e

das estradas principais, mas que é limitada pelo rio e morro. A Unidade de Paciência foi escolhida para um maior aprofundamento da análise na escala local. Foi proposto um quadro-síntese, que identifica as suas características, segundo as categorias de análise: desenho da paisagem, estrutura morfológica, conflitos socioambientais e padrões de ocupação. Como resultado obteve-se, também, um mapa temático, cortes esquemáticos e discussões críticas sobre a leitura das unidades de paisagem.



Figura 20. Método de trabalho.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das análises apresentadas anteriormente interpretamos as três unidades de paisagem e os potenciais vetores que ajudam a dimensionar a dinâmica urbano-paisagística da região. Nessa lógica foram percebidos os entraves nos usos cotidianos dos espaços livres e a possibilidade de se construir uma estrutura, mesmo que hipotética, para que venha dar coesão e efetivamente ativar uma estruturação sistêmica na construção de um sentido positivo seja no fluxo/circulação (pessoas e bens de consumo), na ocupação e usos dos espaços livres públicos dessa região.

A partir de agora, faremos o desenho de uma matriz analítica que indicarão dicotomias e deferências, problemáticas e arranjos conceituais para revelar singularidades de uma região cuja potência urbana-paisagística que nela existe é real e pede para que o poder público e a sociedade juntos não apenas prospere para ações de resgate de sua paisagem, mas também promovam um movimento de desabandono tanto para região quanto para a população que no mínimo merece um desenho de paisagem que fortaleça vínculos históricos, patrimoniais e afetivos. Quanto as análises a mesmas se dividem em nove quadrantes. São eles:

### 4.1. Quanto à análise tipo-morfológica da paisagem e do sistema de espaços livres urbanos

As mesmas foram feitas em sala de aula, durante a disciplina Arquitetura da Paisagem, como um ateliê com duração média de quatro horas. O trabalho de análise consistia na aplicação dos conteúdos para que se obtiver uma consistente representação gráfica, por meio de mapas.

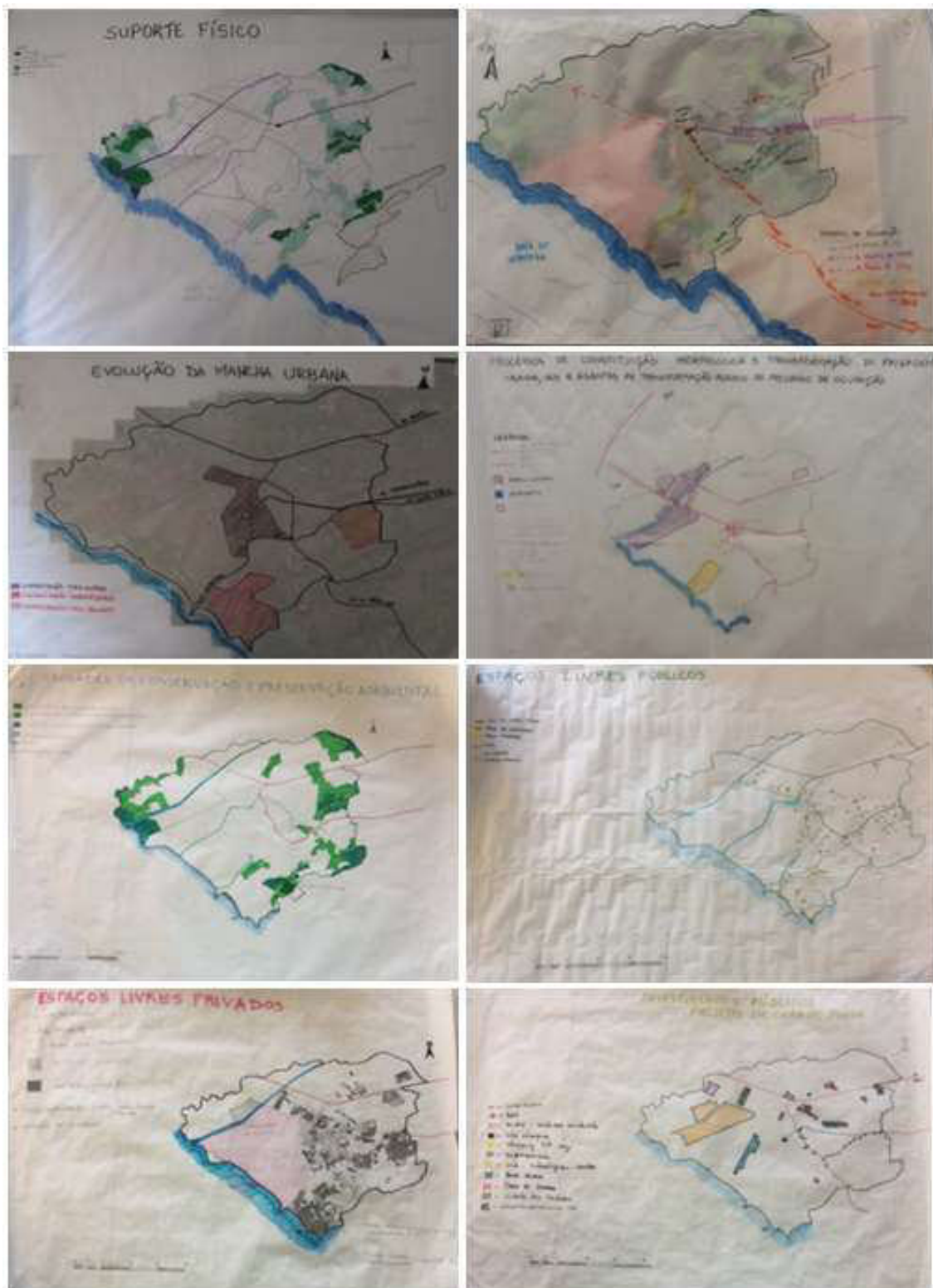


Figura 21. Mapas produzidos em sala de aula.

#### 4.2. Sobre os processos de constituição morfológica e transformação da paisagem

Suporte físico: relevo, hidrografia x cobertura vegetal. O mapa de suporte físico apresenta as configurações geomorfológicas do lugar de estudo. Com base no levantamento de dados, foi identificado que seu território é abundantemente irrigado com uma profusão de rios e canais já retificados, pelo fato da região possuir a Baía de Sepetiba ao sul. Foram identificadas algumas elevações em destaque na parte leste/sudeste do mapa. As composições vegetais, tanto como forrações rasteiras quanto com densa cobertura arbórea,



também foram reconhecidas para o melhor entendimento do espaço. A identificação desses elementos é importante, porque além de definirem a paisagem, elas podem ser interpretadas como barreiras físicas que geram uma descontinuidade do tecido urbano.

#### **4.3. Vetores de ocupação: atividades econômicas e fluxos:**

Inicialmente, o Caminho dos Jesuítas, a atual Avenida Santa Cruz, era a rota utilizada pelos jesuítas para chegarem, vindos do Centro, na Fazenda de Santa Cruz, onde controlavam uma grande propriedade agrícola. Foi o vetor inicial de desenvolvimento do lugar. Com a sua expulsão do país em 1759 e posterior instalação do Império no Brasil em 1822, a estrada, passou a ser conhecida como Caminho Imperial, pois passou a ser utilizada com frequência por membros da família imperial, porque ligava São Cristóvão, onde se encontrava o Palácio Imperial, à Santa Cruz. A partir de 1878, outro vetor de ocupação deu-se pela Estrada de Ferro Dom Pedro II, passando a ser chamada de estrada ferroviária Central do Brasil a partir de 1889 com a Proclamação da República, atual Supervia. Sua implementação diminuiu o tempo de percurso de pessoas e mercadorias da região ao centro da cidade do Rio de Janeiro. Em 1946, foi inaugurada a Avenida Brasil, o terceiro vetor de ocupação de Santa Cruz. A avenida é uma das principais do Rio de Janeiro, pois inicia-se na Rodoviária Novo Rio –seu marco zero– e se estende, cortando 26 bairros, até Santa Cruz. Onde se transforma na Avenida João XXIII, seu quilômetro final. A partir de 1960, a Estrada de Sepetiba torna-se um importante vetor de ocupação com a frequente ida dos moradores à praia de Sepetiba. Em 2012, a conhecida Avenida Dom João VI ganhou grande intensificação de tráfego com a abertura do BRT –linha rápida de transporte de ônibus– ao longo desse logradouro. A partir do mapa de vetores de ocupação (Figura 21), foi possível entender que a primeira ocupação ocorreu próxima ao Caminho Imperial. Posteriormente, as margens da Baía de Sepetiba foram sendo ocupadas por atividades de lazer e de pesca. Recentemente, a centralidade de Paciência, a leste do mapa, teve uma pequena expansão nas proximidades do lado sul da linha ferroviária.

#### **4.4. Evolução da mancha urbana: padrões de ocupação e tipos construtivos**

O mapa-síntese da evolução da mancha urbana mostra como se deu a ocupação da região ao longo de sua história e quais foram os principais vetores dessa ação, revela, também, as consolidações mais antigas e as mais recentes, o processo histórico de ocupação e as apropriações comunitárias ao longo do território. Ele apresenta os principais marcos transformadores da paisagem. A ponte dos jesuítas de 1752 – um dos primeiros marcos de ocupação da região– era utilizada para controlar o volume e o fluxo de água ocasionado pelas enchentes e irrigar o terreno da fazenda Santa Cruz.

#### **4.5. Planos, leis e agentes de transformação: marcos do processo de ocupação**

Quanto ao uso do solo, Santa Cruz possui um extenso setor industrial onde se encontra a CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) e uma área militar da aeronáutica, ocupada pela Base Aérea de Santa Cruz. Essas grandes áreas encontram-se um pouco mais afastadas da principal centralidade de Santa Cruz. Quanto à mobilidade rodoviária, foi destacada a requalificação da Avenida João XXIII, a Rua Felipe Cardoso com a implantação do BRT e a duplicação da BR 101 (Avenida Brasil). Apesar de estar fora do limite administrativo definido para estudo, o Arco Metropolitano foi destacado, porque após a sua conclusão em 2014, acabou a obrigatoriedade de se passar por Santa Cruz para se chegar ao Porto de Itaguaí, o que diminuiu, principalmente, o fluxo de caminhões no bairro. Além disso, existe um estudo de iniciativa estadual para expansão do ramal ferroviário de Santa Cruz até Itaguaí. Quanto às transformações urbanísticas e de habitação, destacam-se os projetos Minha Casa Minha Vida (MCMV, um projeto de habitação de baixa renda do governo), o Bairro Maravilha e a Vila Olímpica como intenções de melhoria da qualidade habitacional e aumento da população residente.



#### **4.6. Mapeamento temático sobre o território:**

Grande parte dos dados dos mapas temáticos foi retirado do banco do grupo de pesquisa SEL-RJ. Eles têm como finalidade ampliar a leitura do território, permitindo um entendimento mais completo da região.

#### **4.7. Unidades de conservação e de preservação ambiental**

Com esse levantamento observa-se não só a questão ambiental, mas também a sua relação com a preservação do território e manutenção das áreas verdes. No caso de Santa Cruz, massas arbóreas foram identificadas nas suas bordas, onde o território é menos adensado, donde se pode concluir que a região central, sofreu grande processo de desmatamento, ao longo do seu processo de formação, para adensamento construtivo e populacional.

#### **4.8. Espaços livres públicos: praças, parques, calçadas, orlas, praias etc.**

Esse mapeamento serve para identificar a quantidade de espaços livres na região em estudo. Os espaços livres traçam uma relação histórica com a cidade, além de permitir uma leitura do território quanto aos seus usos e ocupações. O fato de se ter encontrado poucos espaços livres, em sua maioria praças, demonstra, entre outros fatores, que são poucas as oportunidades de ações humanas e manifestações com diversidade biofísica e cultural.

#### **4.9. Espaços livres privados, perfil do mercado imobiliário, padrões de ocupação e tipos de tecidos urbanos**

Esse levantamento faz uma inter-relação entre os parâmetros urbanísticos e os perfis edilícios, que permite uma apreensão do papel do mercado imobiliário na região e os padrões de renda locais, os grandes investimentos e os atrativos da localidade. Os espaços livres privados, é possível perceber, contém maior quantidade e extensão que os espaços livres públicos. O perfil mobiliário é, em sua maioria, de padrão de renda médio-baixa e baixa, com predomínio de edificações com gabarito de até quatro pavimentos, que são poucos. O mapa também apresenta que a maior parte do território é composta por um tecido urbano não consolidado, que totaliza cerca de 70% do espaço em análise. A partir desse mapa é possível perceber que a Região Administrativa de Santa Cruz recebeu grandes investimentos em diversos momentos históricos. A linha férrea foi um dos primeiros projetos públicos de grande impacto. Quanto aos equipamentos urbanos e habitações, destacam-se os conjuntos habitacionais dos anos de 1980, os programas de MCMV, a Vila Olímpica e a Cidade das Crianças. No que tange ao setor de comércio e serviços, identificam-se o Shopping de Santa Cruz, o supermercado Guanabara, a CSA e a Casa da Moeda. Quanto à infraestrutura de mobilidade urbana, apresenta-se além da linha férrea, a implementação do BRT (Figura 21).

#### **4.10. Critérios de avaliação morfológica na escala local/unidades de paisagem**

A divisão da área de estudo em unidades e subunidades, conjuntamente com a elaboração do quadro com escalas e padrões de avaliação, permite uma caracterização dos espaços e apreensão de uma parte do território, para que se alcance o entendimento do todo. Desse modo, a subdivisão do território em partes definidas permite compreender cada uma de suas partes e a inter-relação com toda a região. Para separar o território em unidades de paisagem, o critério utilizado foi o uso e a ocupação do solo. Identificaram-se as manchas de densidade de ocupação no tecido urbano e também os diferentes usos, agrupados por similaridade, para se determinar uma unidade de paisagem.

Desse modo foram definidas 5 unidades de paisagem: 1- Avenida Brasil, área de expansão e desenvolvimento; 2- Área urbanizada, centralidades; 3- Verde predominante, área de proteção permanente (APP), morros; 4- Área dominial, orla, mangue; 5- Área industrial (Figura 22). Coletivamente foi definido que a área de maior interesse para estudo seria a

área 2. Dentro dessa Unidade de Paisagem ainda foram compartimentadas outras Subunidades de Paisagem, definidas utilizando-se o critério de centralidade. Sendo assim, em torno de cada centralidade foi definida uma subunidade de paisagem correspondente a um bairro: 2.1- Paciência; 2.2- Santa Cruz; 2.3- Sepetiba. O estudo concentrou-se na subunidade de paisagem 2.1.

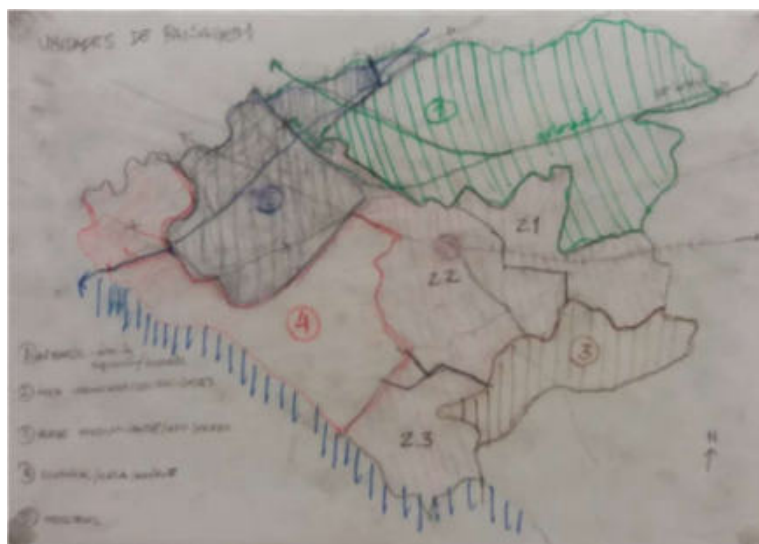


Figura 22. Unidades de paisagem.

Para analisar a Subunidade de Paisagem, a metodologia utilizada ofereceu um quadro para ser preenchido quanto aos critérios de avaliação morfológica, levando-se em consideração o desenho da paisagem, a estrutura morfológica, os conflitos socioambientais e os padrões de ocupação.

Tabela 11. Quadro de escalas e padrões de avaliação.

ESCALAS E PADRÕES DE AVALIAÇÃO - PACIÊNCIA, RIO DE JANEIRO/RJ				
	Desenho da paisagem	Estrutura morfológica	Conflitos sócio-ambientais	Padrões de ocupação
	suporte físico, intervenção = ocupação	elementos formais e processos = estruturação	critérios de avaliação = desempenho	estética e apropriação = modelização
<b>Paciência</b>	Mancha espreada horizontal e majoritariamente regular, centralidade junto à estação de Paciência: EL- morros, vias, ferrovias, BRT, corpos d' água	matriz = tecidos compactos corredores = ferrovia, BRT e rodovias fragmentos = vegetação e tecido irregular disperso	adequação ambiental = margens majoritariamente preservadas inadequação ambiental = corpos d'água retificados e poluídos, ocupação de margens, favelas	áreas residenciais = ditam modelo áreas fabris = ao longo do BRT áreas institucionais = dispersas

Para cada uma dessas análises foi elaborado um mapa para apresentar graficamente os dados levantados para cada região.

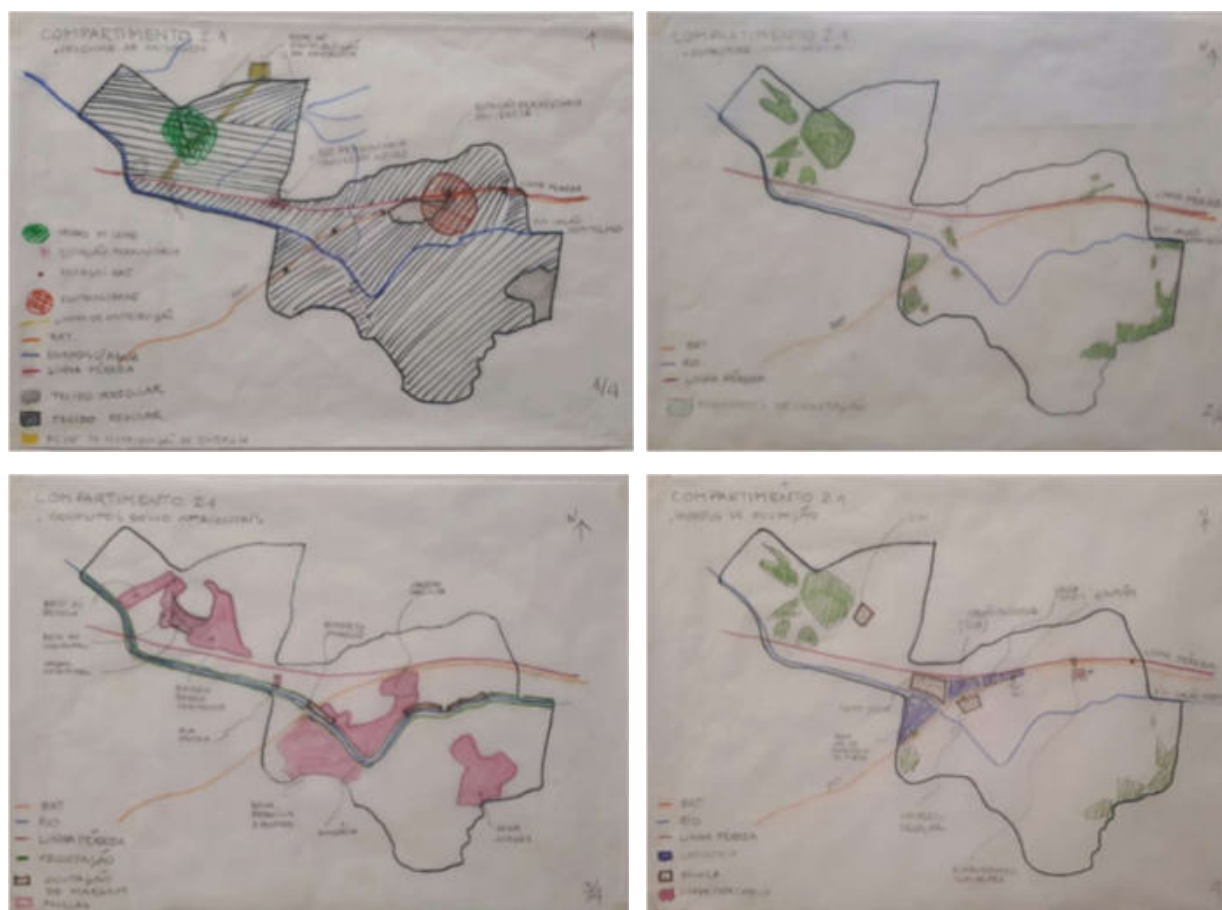


Figura 23. Mapas das subunidades de paisagem.

**Desenho da paisagem:** O mapa revela que, urbanisticamente, o seu traçado é predominantemente regular, característica mais fácil de ser identificada em uma leitura aérea do que na escala do pedestre. Os marcos da paisagem já se apresentam mais facilmente na escala do transeunte. O Morro do Leme com uma linha de torres de energia que se direcionam para a rede de distribuição (Figura 23). A estação ferroviária de Paciência e a estação de BRT Santa Eugênia marcam uma forte centralidade da região (Figura 23). Quanto aos corpos d'água marcados no mapa, são elementos de forte presença na região e estão, na maioria das vezes, canalizados.

**Estrutura morfológica:** A estrutura morfológica conta com os eixos definidores dessa localidade: a linha do BRT, a linha férrea e os corpos d' água, além dos fragmentos de vegetação. Por sua característica definidora, esses elementos são também verificados nos outros mapas.

**Conflitos socioambientais:** Os principais conflitos são as favelas e a poluição dos corpos hídricos, que representa a inadequação ambiental, embora haja uma preservação majoritária das margens dos rios ou canais retificados. (Figura 23). As poucas casas que ocupam as margens são, em sua maioria, fundo de lote. Essa interessante particularidade da região chamou muita a atenção dos pesquisadores, que ao analisar melhor o espaço, entenderam que tal preservação provavelmente se dá pela presença de ruas paralelas aos rios.

**Padrões de ocupação:** As áreas residenciais compõem a maior parte do recorte em estudo, entretanto é possível identificar também as áreas fabris (Figura 23), que se dispõem ao longo da via do BRT. As áreas institucionais também podem ser identificadas e estão dispersas no território. No encontro do BRT com a linha férrea, forma-se a centralidade de Paciência, tanto pela mobilidade e pelo fácil acesso aos meios de transporte (ônibus, trem e

BRT), quanto pela presença marcante do supermercado Guanabara (Figura 23), que ajuda a configurar o polo de atividades comerciais.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que a linha férrea e os caminhos iniciais de desbravamento do território, dos jesuítas e imperiais, foram os grandes vetores de ocupação do bairro ao penetrarem em áreas originalmente contidas por limites naturais. A centralidade do bairro encontra-se no lado sul da estação ferroviária de Paciência, onde está localizada a estação de BRT, junto à estação, e grande atividade comercial. O bairro está em franca expansão sul, acompanhando a linha de BRT, instalada no ano de 2012, sobre uma via, consolidando-a, que já era de grande importância para a região e na qual se concentram muitos equipamentos educacionais e industriais. A Avenida Brasil é um dos outros vetores de ocupação, mas, ao contrário de outras vias, segrega espaços, como os dois lados de Santa Cruz e Paciência. Sua maior relação, e influência, dá-se com o bairro de Campo Grande.

O bairro de Paciência caracteriza-se por ser basicamente residencial e tem uma estrutura urbana homogênea e horizontal. É ainda dependente das atividades econômicas de Santa Cruz, a maior centralidade da AP5. Santa Cruz influencia inclusive municípios vizinhos, como Itaguaí e Seropédica. Por conta do relevo acidentado, mais ao norte, o bairro expandiu-se mais em direção sul. Um dos indicadores da atividade comercial mais intensa dá-se através dos anúncios publicitários ao longo do muro da ferrovia. Enquanto no lado sul existe uma grande diversidade comercial, no lado norte quase não existe. Notou-se, também, que a maior parte dos espaços livres de uso público converteu-se quase que exclusivamente em campos de futebol e praças.

A partir da metodologia adotada, a análise da paisagem urbana permite a extração de diversos dados que revelam a importância de uma investigação integrada e que tenha inter-relação entre partes e totalidade. A sistematização das informações, que deve ser pormenorizadas e aprofundadas de acordo com as demandas, contribui para o conhecimento de um território que não é alvo de interesses, além de fornecer informações até mesmo como suporte para a proposição de políticas públicas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IBGE (2011). *IBGE: censo demográfico de 2010. Brasília: IBGE.*
- Magnoli, M. M. (2006). *Em busca de outros espaços livres de edificação. In Revista Paisagem e Ambiente – Ensaios. v.21. São Paulo: FAUUSP. p. 143-173.*
- Santos, M. (2008). *O espaço e a noção de totalidade. São Paulo: Edusp.*
- Schlee, M. B.; Nunes, M. (2009). *in J.; Rego, A. Q.; Rheingantz, P. A.; Dias, M. Â.; Tângari, V. R. Sistema de espaços livres nas cidades brasileiras – um debate conceitual. In Revista Paisagem e Ambiente: ensaios, v. 26, São Paulo: Fau-Usp, 2009. p. 225-247.*
- Silva et al. *Unidades de paisagem e o processo de compreensão da forma urbana. In Paisagem e Ambiente: ensaios - v.31. São Paulo: Fau-Usp, 2013, p. 61-80.*
- Souza, M. (2015). *Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial. Rio de Janeiro: Bertrand*

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Faperj e ao Grupo de Pesquisa Sel-RJ do Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro (PROARQ-FAU-UFRJ).

# COMUNIDADE SOLIDÁRIA: ESPAÇOS SOCIOPRODUTIVOS PARA UMA NOVA RURALIDADE NO ASSENTAMENTO PEQUENO WILLIAM EM PLANALTINA - DF

Camila Maia Dias ([camilamaiadias@gmail.com](mailto:camilamaiadias@gmail.com)); Liza Maria Souza de Andrade ([lizamsa@gmail.com](mailto:lizamsa@gmail.com)); Natália da Silva Lemos ([lemos.natalia@gmail.com](mailto:lemos.natalia@gmail.com)); Gustaviana Alves da Silva ([gutabio2017@gmail.com](mailto:gutabio2017@gmail.com)); Acácio Machado Alves ([acaciopadf@gmail.com](mailto:acaciopadf@gmail.com)); Guilherme da Silva Santos ([guilhermesilva-santos18@hotmail.com](mailto:guilhermesilva-santos18@hotmail.com)); Andréia Almeida Santos ([andreaas33aw@gmail.com](mailto:andreaas33aw@gmail.com))

Universidade de Brasília; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB-FAU); Programa de Pós-Graduação em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística (Reabilita) - Brazil

Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) - Brazil

**Palavras chave:** Bioconstrução, Assentamento Pequeno William, Moradia, Tecnologia Social, Reforma Agrária.

*A “comunidade solidária” do assentamento rural Pequeno William, no Distrito Federal, é fruto da luta pela Reforma Agrária. Situa-se à 10km de Planaltina no DF, na região da APA do Rio São Bartolomeu, área de Cerrado stricto sensu. As famílias desenvolvem atividades agroecológicas, mas sofrem barreiras pela escassez hídrica e liberação do licenciamento ambiental. A abordagem sistêmica na compreensão dos problemas e nas soluções de transformação pelos 5 pilares fundamentais das dimensões da sustentabilidade (política, social, econômica, ambiental e cultural) efetivam o conceito de comunidade solidária (corresponsabilidade na gestão de recursos e criação de espaços de vínculos sociais e territoriais, aprendizado social, desenvolvimento da autonomia dos indivíduos e diversidade socioeconômica). Por isso, o projeto participativo propôs cinco espaços comunitários que abrigam atividades de produção coletiva, formação e convivência, fomentando o tecido das relações comunitárias existentes, com respeito às diferenças e singularidades. A análise do contexto identificou as demandas e vocações segundo as dimensões da sustentabilidade para realidade concreta, conflitos fundiários e socioambientais, identidade local e saberes existentes, posteriormente sistematizados pelos princípios do Living Community (“pétalas” do Living Community Challenge) como padrões espaciais e de acontecimentos baseados em Alexander et al. (1977) e na permacultura de Mollison (1998). O diagnóstico teve aproximação por entrevistas, questionários e táticas de ação do cotidiano compreendendo a temporalidade e os micro-acontecimentos passíveis de conversão. O “design interativo” ocorreu pela linguagem de padrões introduzida com o “jogo dos padrões” (cartas de baralhos) que os moradores inserem na imagem aérea do local coerente com temas da dinâmica do café mundial; apresentação de repertório e desenho à mão livre. Por fim, as propostas alternativas e estudo preliminar são definidos pelos camponeses.*

## 1. INTRODUÇÃO

A “comunidade solidária” do assentamento rural Pequeno William é fruto da luta pela Reforma Agrária e da luta pela vida. As famílias começaram essa história em 2004, nas terras da antiga Toca da Raposa, no Distrito Federal, de onde foram despejadas no mesmo ano. Ainda nesta fazenda um dos filhos dos assentados, William, de 4 anos, faleceu intoxicado por ingestão de água contaminada por agrotóxicos. Algum tempo depois o novo acampamento a ser montado na Fazenda Sálvia, viria a se chamar Pequeno William.



A área encontra-se a aproximadamente a 10 km de distância de Planaltina no Distrito Federal, na APA do Rio São Bartolomeu, em uma área de Cerrado quase intocado, sendo pequena a área do assentamento que fora anteriormente antropizada. No Pequeno William, 133,86ha são destinados às famílias e à sua produção, enquanto que 60,73ha constituem a área de reserva legal responsável pela compensação ambiental pelos impactos do assentamento. Segundo o novo Código Florestal (lei 12651/2012), a reserva natural deve conservar cobertura natural nativa, permitindo a coleta de produtos não madeireiros e exploração florestal seletiva em manejo sustentável sem propósito comercial.

Devido à fragilidade ambiental do território, as famílias desenvolvem, apesar da escassez hídrica, atividades agroecológicas como o cultivo de hortaliças, galinhas e ovos orgânicos, plantio em sistema agroflorestal e artesanato em fibra de bananeira. Ainda aguardando a liberação do licenciamento ambiental, muitas famílias estão impossibilitadas de produzir e perfurar poços para captação de água.

A falta de água para produção e a morosidade dos órgãos competentes para a liberação de licença ambiental são as principais frustrações da comunidade. O desenvolvimento agroecológico e o pequeno número de famílias assentadas, facilitam a mobilização, razão pela qual o Pequeno William atrai o interesse de diversos atores do desenvolvimento rural e da educação em torno da reforma agrária e da agroecologia.

Entendendo que a reforma agrária deve ter como objetivo principal dar à terra um fim social, que beneficie a coletividade e assim caminhe para uma utilização racional das terras passíveis de produção, após muita negociação e transferências entre locais provisórios, as famílias organizadas pelo MST - Movimento dos Sem Terra, vieram a ser instaladas pelo INCRA em outubro de 2010 na área de estudo, ainda em formato de acampamento ou ocupação provisória. Em 2011 a Portaria nº 136/11, de 26/12/2011, oficializou o assentamento Pequeno William como um imóvel rural cedido para fins de reforma agrária. Segundo dados levantados pela EMATER em 2011, o assentamento abrigava cerca de 80 pessoas, das quais 22 são titulares do termo de concessão de uso das parcelas. Atualmente a Associação dos Produtores Rurais e Agricultores Esperança - ASPRASES, assina pelo processo de assentamento das famílias e pela intermediação de programas sociais e atores que intervêm no território do assentamento. Contudo, a diversidade de organizações que atuam no assentamento extrapola a referida associação. Destacam-se a Comuna Panteras Negras, que abriga aulas de pré-vestibular solidário, atividades de debate de gênero, atividades culturais e educação do campo, na recém construída Biblioteca Carolina Maria de Jesus. O coletivo da juventude, impulsionado pela Residência Agrária Jovem promove atividades, debates e cineclubes para os moradores. O coletivo de artesãs, reúne as mulheres para resgatar práticas ancestrais de cestaria com fibra de bananeira e bordado com o “ponto de planaltina”, bordado típico da cidade. São inúmeros os mutirões que mobilizam os moradores e convidados externos no aprendizado de técnicas de bioconstrução e agroecologia, como: taipa, superadobe, círculos de bananeira, plantio de agrofloresta. O Rancho de Terra, uma das parcelas que mais movimentam mutirões em torno da bioconstrução e da agroecologia, promove ainda o interesse pelas espécies de plantas do cerrado, frutíferas e medicinais.

Ainda que, os espaços dos núcleos comunitários venham a servir às famílias do assentamento como um todo, a logística dessa ideia foi comprometida pela dificuldade de integração espacial e comunitária entre os núcleos. A estrutura de distribuição dos terrenos, promovida pelo desenho do assentamento resulta em uma dinâmica de valorização e desvalorização de lotes, potencializada pela maneira de escolha dos lotes pelas famílias. Isso ocorre pela distribuição das condições de captação de água através de poços manuais e a possibilidade de plantio não serem iguais para todos os terrenos.

Apesar de todos os pontos colocados, a organização das parcelas em formas mais regulares favoreceu a otimização da produção, sem divisões particularmente complexas. Por fim, é interessante frisar que em nenhum momento buscou-se, por parte do projeto original de assentamento, integrar à cidade de Planaltina. Esta que a cada momento se aproxima mais do campo através do grande crescimento populacional e fortalecendo a caracterização da área como um lugar de novas ruralidades. Não se pode considerar o campo como um sistema fechado em si mesmo. É importante pensar em uma estrutura espacial e construída que incentive o surgimento de atividades rurais mais integradas socialmente com as relações insurgentes da contemporaneidade rural.

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal, evidenciar que a mobilização promovida pelos movimentos sociais de luta pela reforma agrária constroem territórios de ampla complexidade e diversidade, e que esses territórios possuem grande potencial de desenvolvimento sustentável, demandando baixo grau de investimento, tendo em vista seu capital social (capacidade de mobilização social) já consolidado. Com este trabalho, busca-se também demonstrar o conhecimento produzido pelo campesinato como estratégia de sobrevivência e adaptabilidade, traduzido em tecnologia, educação, política e cooperação solidária.

## 3. METODOLOGIA

O processo de projeto parte das demandas e vocações levantadas por meio da análise do contexto, segundo as dimensões da sustentabilidade (política, ambiental, social, econômica e cultural), das demandas da realidade concreta, dos conflitos fundiários e socioambientais, da identidade local e de saberes existentes, que posteriormente foram sistematizados a partir dos princípios da comunidade solidária do Living Community que envolvem as “pétalas” do Living Community *Challenge* (lugar, água, energia, materiais, saúde e felicidade, equidade e estética) no formato de padrões espaciais e de acontecimentos (modos de vida) baseados em Alexander et al. (1977) e na Permacultura de Bill Mollison e David Holmgren.

No decorrer do percurso metodológico que envolveram um processo participativo, entre observações, pesquisas e escutas de inúmeras histórias, apreendeu-se aquilo que seria a espinha dorsal desse trabalho: o resgate da prática produtiva enquanto cultura e veículo de interação comunitária. Nesse momento houve uma definição de qual seria o objetivo desses espaços construídos: abrigar atividades produtivas permitindo seu diálogo entre o saber tradicional de que se origina e a necessidade de adequação às exigências sanitárias de comercialização. Dentro da abordagem sistêmica, o projeto pretende promover a coesão da comunidade por meio da autogestão e espaços para a geração de renda dentro dos princípios da sustentabilidade.

Foram pensados em 5 espaços de uso comunitário, que devem abrigar desde atividades de produção coletiva até atividades de formação e convivência, proporcionando maior interação entre os moradores, fomentando o tecido de relações comunitárias existente, com respeito às diferenças e no reconhecimento das singularidades de cada pessoa.



Figura 24. **Percurso metodológico**





O diagnóstico ou levantamento das vocações do lugar se deu de forma participativa, que ocorreu ao longo de todo o processo, desde a aproximação das famílias por meio de entrevistas e pequenos questionários, táticas de ação baseada na prática do cotidiano para apreender a temporalidade e os micro-acontecimentos como passíveis de conversão a sua maneira, como a oficina de pallet, elaboração de “design interativo” por meio de uma “linguagem de padrões” ou “códigos geradores” para aplicação do Jogo dos padrões” no formato de cartas de baralhos, apresentação de repertório fotográfico e desenho à mão livre para apresentação de propostas alternativas junto à comunidade.





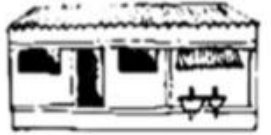

## 4. DIAGNÓSTICO

### 4.1. O lugar – padrões do espírito da comunidade

Entende-se o lugar a partir da abordagem fenomenológica do ambiente e da interação entre lugar e identidade, tal como propõe Christian Norberg-Schulz, o “genius loci” e Miguel Sattler. O espírito do lugar traduz um conjunto de características socioculturais arquitetônicas, de linguagem, de hábitos, que caracterizam o lugar, indicando o “caráter do lugar”, termo também utilizado por Aldo Rossi. Para resgatar o “espírito do lugar” no projeto dos Espaços Socioprodutivos foi realizado um levantamento no formato de padrões de todos os modos de morar, tipos de casas, modos de vida, relação com a natureza, tipos de entrada, de cozinha caipira com fogão à lenha, área de serviço, espaço de produção e higienização dos alimentos, pequenas vendinhas, cultivo de ervas e plantas medicinais, além das flores.

**Tabela 1.** Padrões do lugar

Padrões construtivos – espírito do lugar		
A casa e a árvore	É possível notar em algumas casas a proximidade entre a construção e uma árvore mais destacada, configurando um novo espaço na junção desses dois elementos	
Comércio em casa	Existe apenas uma moradia com essa tipologia no assentamento. Trata-se de um bar/lanchonete no térreo e da moradia dos proprietários no primeiro pavimento	
Higienização na varanda	Solução mais comum nas casas de famílias que trabalham com a horticultura. Na varanda é situada uma pia de bancada generosa onde se faz a higienização das hortaliças recém colhidas.	
Entrada pela varanda	Nessas casas a entrada é feita por meio da varanda, e é nela que se recebem as visitas, sendo a sala interior mais reservada e íntima.	

Fogão à lenha acoplado	O fogão à lenha acoplado é aquele que está situado externamente à casa, mas sem configurar um volume próprio. O fogão nessa solução é usado quase que diariamente.	
Entrada direta	A entrada se faz diretamente através de porta situada frontalmente ou lateralmente.	
Banheiro externo	Algumas casas possuem o banheiro externo à casa, em alguns casos estando acoplado com entrada através de porta externa. Como os banheiros utilizam o sistema de fossa, essa solução auxilia no isolamento dos odores.	
Cozinha caipira externa	A cozinha caipira externa cria um cômodo para o fogão à lenha, sendo muitas vezes acompanhada de mesa para receber. Essa solução auxilia na limpeza, ao manter as cinzas e fumaça longe de casa.	
Área de serviço acoplada	A grande maioria das casas possuem essa solução. Trata-se de um tanque instalado em uma das paredes externas da casa, pode possuir pequena cobertura protetora ou não.	
Quartinho de ferramentas	O uso do quartinho de ferramentas é muito usual, nele são guardados os equipamentos de trabalho, configura um volume externo à casa.	

#### 4.2. Dimensões da sustentabilidade – diagnóstico sistêmico do lugar

Os padrões para organizar a vida doméstica e outros comportamentos observados, guardam em si explicações para as estratégias de sobrevivência dessas famílias, que foram posteriormente sistematizadas no formato das 5 dimensões da sustentabilidade, promovendo a visão sistêmica da realidade:

##### 4.2.1. Ambiental

A presença de grande diversidade de frutos típicos do cerrado representa a esperança de promover cultivos agroflorestais e o extrativismo dos frutos locais. Alguns dos frutos encontrados na área são: pequi, araticum, jatobá, cagaita, cajuzinho-do-cerrado, araçá, sucupira, marmelo do cerrado, jenipapo. O desenho do parcelamento e das vias do

assentamento parece desprezar o relevo do local e a estrutura de seus condicionantes físicos, gerando pontos de enxurradas e dificultando a drenagem e a infiltração das águas.

O acesso aos recursos hídricos configura um ponto de fragilidade no assentamento. É comum que as famílias que fazem uso da água da nascente, próxima ao assentamento, se revezem para preencher seus reservatórios e irrigar suas plantações. As cisternas manuais são perfuradas com mão de obra local, muitas vezes sem equipamento de segurança adequado. Mesmo sem a análise a respeito da potabilidade dessa água, as famílias a utilizam e consomem por não possuírem outra opção.

#### **4.2.2. Econômica**

As famílias que possuem produção de hortaliças revendem seus produtos na feirinha da administração de Planaltina, no CEASA de Brasília e na feirinha da Presidência da República que ocorre semanalmente, além de fornecer para o PAA - Programa de Aquisição de Alimentos. Como maneira de garantir a inspeção da produção de orgânicos no assentamento, os produtores são submetidos à vistoria dos representantes do Selo Comunitário de produtores orgânicos de Planaltina. São diversas as propostas de projetos a serem implantados na área através da atuação de atores externos e políticas governamentais. A proximidade com o Instituto Federal de Brasília - IFB, faz com que diversas visitas a campo dos alunos sejam promovidas no assentamento, bem como oficinas de capacitação, construindo um forte vínculo de cooperação entre esta instituição e o assentamento. A exploração do turismo rural e ambiental na região é um grande potencial, não apenas por estar próximo a propriedades que já promovem essas atividades, mas também por possuir uma amostra de Cerrado rico em espécies de fauna e flora dentro de seus limites e integrado à APA do rio São Bartolomeu.

Outras atividades de base solidária sustentam o cotidiano dos moradores, como trocas e permutas, já que são poucas as parcelas que possuem infraestrutura para viabilizar a produção em quantidade suficiente para a comercialização. Entende-se que a promoção das atividades solidárias deve ser fortalecida como maneira de impulsionar a cooperação e autonomia da comunidade para além das lógicas mercantis de garantia de recursos.

#### **4.2.3. Política**

Essas pessoas deixaram suas famílias e construíram um coletivo, um movimento, com as quais dividiram a luta pela terra durante anos. A plenária que existia no antigo acampamento Pequeno Wil- liam era símbolo dessa construção coletiva, símbolo dessa grande família. Ao serem perguntados sobre o que sentiam falta no Pequeno William, a maioria das respostas era ligada primeiramente ao necessário, água, moradia, terra para plantar. Porém, em um segundo momento, remetia-se à copresença novamente, relatando sentir falta das atividades coletivas e reuniões dos tempos de acampamento, momento de maior mobilização política.

O trabalho político do movimento sem-terra opera transversalmente por meio das coordenações temáticas: saúde, educação, formação, produção, frente de massa, cultura, comunicação, direitos humanos, entre outros. Essa estrutura conta com mobilização do movimento para mudanças estruturais na sociedade através da promoção da educação do campo, profundamente embasada nas reflexões da pedagogia libertadora de Paulo Freire.

#### **4.2.4. Cultural**

Durante as entrevistas se fizeram marcantes nas falas das pessoas e em suas casas, respectivamente: a memória da plenária do acampamento e a presença do fogão à lenha ou do sonho de uma cozinha caipira. Elementos que simbolizam a luta pela terra e as origens de uma vida no campo. Elementos que conferem identidade à comunidade. Construir com a terra também é algo trazido de seus locais de origem, onde as casas eram de adobe ou de



taipa de mão, “fresquinhas” como dizem. Na transição do campo mais afastado para o rural mais próximo das periferias urbanas, absorveu-se a arquitetura favelizada que utiliza como matéria-prima, não mais materiais da natureza, mas sim objetos reaproveitados que foram descartados por outros usos. Quando existe uma condição financeira favorável, grande parte das famílias optam por construir com materiais industrializados, alvenaria convencional e concreto, com exceção de algumas práticas em bioconstrução que tentam resgatar o construir com elementos da natureza local. Esse contexto nos faz perguntar, em que momento se perdeu o saber fazer das casas tradicionais e vernaculares.

#### **4.2.5. Social**

Hoje, todas as crianças e adolescentes do Pequeno William frequentam a escola, seja na cidade ou na zona rural, a juventude é inserida e cursinhos pré-vestibulares solidários e nos programas de residência agrária jovem, graças à programas de educação do campo, várias mulheres também voltaram a estudar. Atualmente os encontros gerais da comunidade ocorrem uma vez por mês, sem lugar fixo, ou seja, rotativamente em cada núcleo comunitário. Mesmo após dois anos de ocupação dos lotes pelas famílias, ainda não foi retomada a organização social dos assentados no formato das antigas coordenações setoriais. Os membros da comunidade reclamam da falta de mobilização dos assentados por não haver mais momentos de reunião e celebração entre todos da comunidade. Comentam ainda a necessidade de haver uma plenária como lugar de decisões e eventos no assentamento.

## **5. RESULTADOS: PROPOSTAS PARA ESPAÇOS SOCIOPRODUTIVOS**

### **5.1. Zoneamento permacultural: estratégias para um território resiliente**

Procurando atender à abordagem sistêmica tanto para compreender os problemas como para pensar as soluções para a transformação, foi proposto um zoneamento permacultural de atividades que, previamente ao projeto focado nos espaço socioprodutivos, costurasse o território como um todo por meio das cinco dimensões da sustentabilidade. Esse zoneamento é fundamental para garantir que cada parte (núcleo comunitário), compreenda seu papel no equilíbrio da comunidade e para estimular ações pela preservação do meio ambiente para além das demandas produtivas. Pensando-se também a contribuição do território do assentamento para o equilíbrio da região em que se insere.

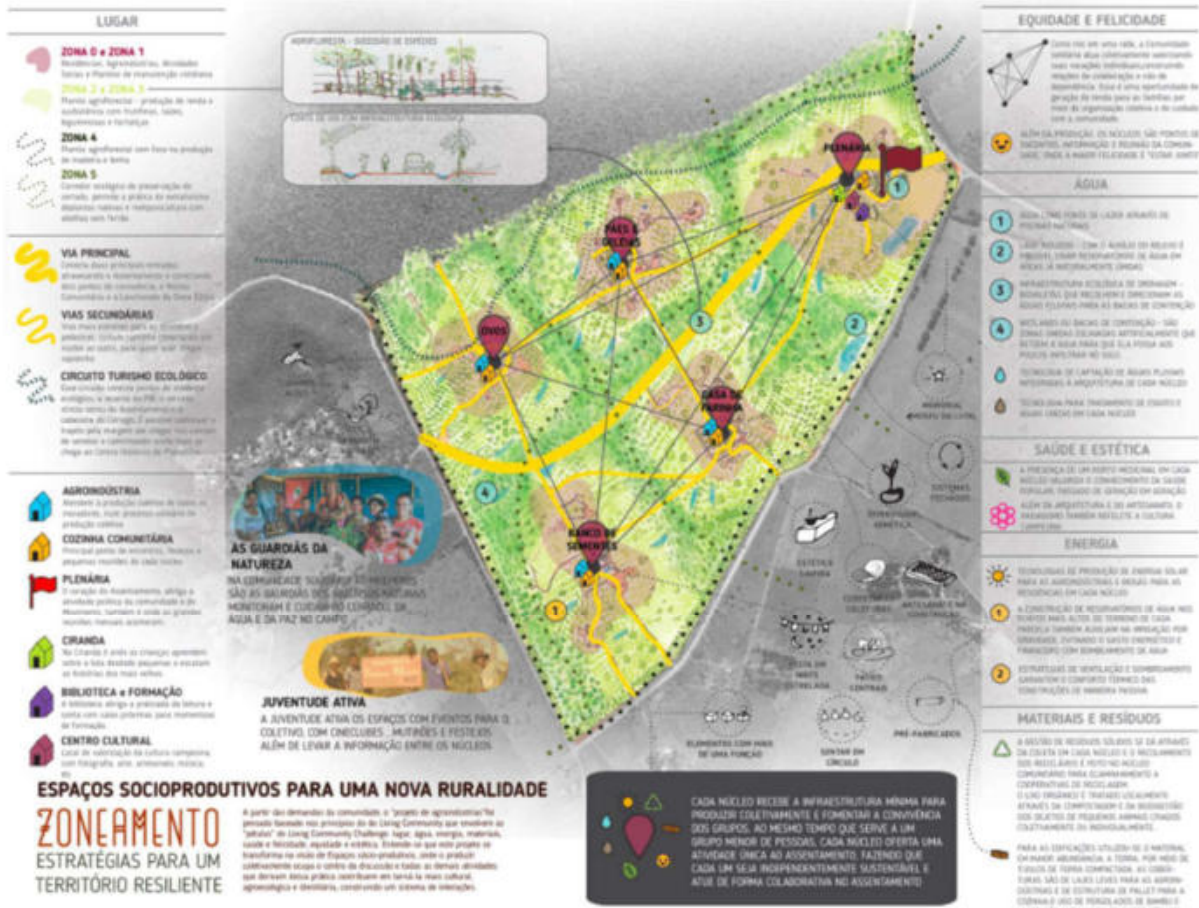


Figura 25. Esquema do Zoneamento permacultural proposto, em prancha do concurso da Bienal José Lutzemberger

O Zoneamento Permacultural do assentamento visou criar diretrizes de ocupação agroecológicas. Dessa maneira, a área obrigatória de reserva que cada parcela deve preservar foi arranjada para criar corredores ecológicos, que permitem o movimento dos animais gerando conexões com áreas ambientais fora do assentamento e potencializam o trabalho de polinização promovido por insetos e aves. Esses corredores visam proteger a fauna e a flora nativos do cerrado, já que o intuito é também produzir conhecimento e excelência a respeito dessa temática. Nas zonas 2 e 3, propõe-se o cultivo orgânico e agroecológico em agrofloresta por todo restante do território, fazendo uso do plantio em curvas de nível como maneira de reter matéria orgânica e nutrientes no solo. As zonas 1 e 0, abrigam atividades de maior periodicidade, como hortas, agroindústrias e atividades sociais.

A segurança hídrica do território está incluída no zoneamento, de maneira a identificar os locais onde deve-se implantar infraestrutura verde para coleta e infiltração de águas pluviais, reabastecendo os aquíferos da região. Foram identificadas também, áreas de vocação para retenção e afloramento das águas, nesses locais o reflorestamento com espécies nativas e raízes retentoras de água são estimuladas, para recuperação dessas áreas úmidas, antigas veredas antes da antropização. Outros pontos previstos pelo zoneamentos, são os fluxos para gestão de resíduos e destinação de resíduos, incluindo meios de renda com o reaproveitamento e a reciclagem. Além de desenhar percursos que buscam reconhecer caminhos não oficiais, porém usuais, dos moradores, como forma de potencializar a copresença e o encontros não planejados.

## 5.2. Espaços socioprodutivos

O ponto central de estudo e proposta são as áreas de uso coletivo das famílias que vivem no assentamento Pequeno William. Entendendo que o conceito de comunidade solidária está relacionado à corresponsabilização na gestão de recursos e à criação de espaços relacionais que vinculem as pessoas ao seu território, a promoção da aprendizagem social e ao desenvolvimento da autonomia dos indivíduos bem como a diversidade social e econômica.

Cada núcleo comunitário recebe a infraestrutura mínima para produzir coletivamente e fomentar a convivência dos grupos. Ao mesmo tempo que serve a um grupo menor de pessoas, cada núcleo oferta uma atividade única ao assentamento, fazendo com que cada um seja independentemente sustentável e atue de forma colaborativa no assentamento.

São diversas as atividades que podem conviver e contribuir com a produção agroindustrial, o turismo rural, a educação, a cultura e a cooperação na produção crescem juntos nesse espaço onde tudo se encontra. Nesses novos espaços construídos se localizam a agroindústria demandada pelo núcleo, uma estrutura de cozinha comunitária que abriga um banheiro e um ponto digital (computador + internet), uma choupana para reuniões e atividades em grupo, além de espaços gramados para atividades ao ar livre e espaços para sentar-se à sombra das árvores.

A partir da integração aos princípios do Living Community Challenge: lugar, água, energia, materiais, saúde e felicidade, equidade e estética, a demanda inicial por “projetos de agroindústrias” se transformou na visão dos espaços socioprodutivos, onde o produzir coletivamente ocupa o centro da discussão e todas as demais atividades que derivam dessa prática contribuem em torná-la mais cultural, agroecológica e identitária, construindo um sistema de interações. As oficinas com cada núcleo comunitário (agrupamentos de 4 famílias), levantaram as demandas e permitiram problematizá-las, para compreender que a prioridade de cada núcleo deveria também estar de acordo com suas capacidades produtivas e complementar as atividades do assentamento como um todo, evitando assim estruturas superdimensionadas e a repetição desnecessária de equipamentos.

**Tabela 2.** Resultados das dinâmicas de discussão e priorização das demandas de cada espaço

	Atividades		
	* Primeira prioridade **Segunda prioridade (atividade produtiva)	Complementares (estimulam a reunião da comunidade)	Apoio (dão suporte às atividades)
Área Comunitária	Plenária* Cozinha Comunitária**	espaço de aprendizado hospedagem espaço para comercialização eventos culturais espaço de brincar	banheiro coleta e separação de resíduos
Núcleo 1	Hortaliças* Farinha**	esportes	espaço de reuniões
Núcleo 2	Hortaliças* Processados**	água esportes	sala administrativa local de vendas
Núcleo 3	Farinha* Processados**	lugar para reunir e pequenas festas	cozinha ou copa
Núcleo 4	Apicultura* Processados de Frutos do Cerrado**	lazer de fim de semana	local para as crianças
Núcleo 5	Farinha* Ovos**	pracinha com flores igreja	tratamento de rejeitos

### 5.3. Tecnologias propostas: bioconstrução e agroecologia

As construções propostas para materializar os espaço socioprodutivos projetados, são executadas a partir de tecnologias sustentáveis e de baixo custo. Todas as tecnologias foram participativamente eleitas pelos moradores, que se guiaram pelos critérios de economia e custo, domínio da técnica e interesse pelo aprendizado de novas técnicas, para eleger entre as opções oferecidas. Em um momento de cineclube promovido por este estudo em parceria com o coletivo de juventude do assentamento, os moradores puderam ver vídeos que demonstravam as etapas de execução das técnicas, promovendo o debate e facilitando a escolha coletiva.

**Tabela 3.** Tecnologias propostas

Tecnologia	Função	Descrição
Cascaje	Cobertura	As cascaje são pequenas abóbadas de canhão em ferrocimento. Elas são moldadas em uma forma feita de madeira e zinco. Pode-se pré-fabricar várias cascajes e posteriormente montá-las como cobertura. São dispostas uma ao lado da outra e apoiadas, ou sobre paredes estruturais, ou sobre vigas calhas, responsáveis por distribuir o peso e auxiliar na coleta de águas pluviais. O vergalhões nas extremidades das cascajes são colocados no momento da moldagem da peça e trabalham na estabilização das flexões na peça. O preenchimento acima das cascajes é feito com concreto, contudo, é possível testar outros preenchimentos que potencializem a resistência da laje, melhorem seu desempenho térmico ou a torne mais leve.
Cobertura de Pallet	Cobertura	A cobertura proposta trata de uma adaptação do sistema construtivo de cobertura de palete desenvolvida pelo grupo HABIS, da USP/ São Carlos. Nesse sistema parte dos paletes são desmontados, onde as tábuas constituirão uma viga de elementos laminados, as VLP's. Essas vigas perpassam por entre os paletes da cobertura, unindo-os e distribuindo os esforços de entre os paletes.
Trama em fibra de bananeira	Vedação	Fazendo uso do elemento simbólico do artesanato da fibra de bananeira, propõe-se esquadrias que façam uso dessa habilidade. Essas esquadrias ocorrem de duas maneiras: quando opaca, é fabricada em madeira e revestida com a fibra de bananeira, quando translúcida se tratará de uma malha de fibra de bananeira posicionada em batentes de madeira. Para a colagem das fibras é utilizada cola látex convencional. As placas de diferentes tamanhos e posições buscam retomar a linguagem das moradias, os barracos em madeirite e materiais reaproveitados.
BTC – Bloco de Terra Compactada	Vedação	Os Blocos de Terra Compactada, são tijolos de terra e cimento prensados que não vão ao forno. Por serem crus permitem que o material promova a regulação da temperatura interna das construções. O BTC funciona como alvenaria estrutural, onde seus furos devem ser concretados a cada 1,05m de parede. Os furos também permitem a passagem de instalações sanitárias e elétricas. Alguns assentamentos do MST já possuem experiência com a fabricação desses tijolos, demonstrando a viabilidade de adoção desse material.
Superadobe	Vedação	O superadobe é uma técnica já utilizada dentro do próprio assentamento. Trata-se do preenchimento de sacos de polipropileno com terra local. Os sacos formam fiadas que vão sendo compactadas uma a uma com um pilão. Essa técnica trás todos os benefícios de uma construção em terra: baixo custo, sustentabilidade e regulação térmica, com a adição de possibilitar a execução de formas orgânicas e arredondadas.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com uma configuração socioespacial dispersa, promover a copresença dos moradores do assentamento foi um desafio na proposta apresentada. Isso ocorre pela grande existência de espaços vazios e pelas poucas opções de conexão entre os espaços comunitários. Atualmente os encontros gerais da comunidade ocorrem uma vez por mês, sem lugar fixo, ou seja, rotativamente em cada núcleo comunitário.

Mesmo após dois anos de ocupação dos lotes pelas famílias, ainda não foi retomada a organização social dos assentados no formato das antigas coordenações setoriais. Além da dimensão presencial afetada pela diminuição dos encontros, a racionalização da infraestrutura também foi prejudicada. Pois, como a distância entre as casas é maior, é necessário maior gasto de recursos para a distribuição de luz, água e estradas de acesso. As famílias e a maneira como se relacionam com o espaço em que vivem conferem diferentes identidades para cada núcleo, constituindo uma espécie de mosaico de subculturas, onde existe um interesse em comum entre as famílias para a produção coletiva.

Este trabalho buscou, de maneira emergente, identificar a vocação do lugar e da comunidade que o habita, propondo soluções próximas da realidade e proporcionais à capacidade de execução em um contexto de escassez de recursos, mas de enorme abundância de riquezas naturais, culturais e sociais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDER, C. et al. 1977. *A Pattern Language: towns, buildings, construction*. New York: Oxford University Press.
- BANCO DO BRASIL. *Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR*. Disponível em: <<http://www.bb.com.br>> Acesso em: maio de 2015.
- BRASIL. *Lei no 4.504, de 30 de novembro de 1964. Estatuto da Terra. Diário Oficial da União, Brasília. 30 nov. 1964.*
- CARMO, V. R. *A desvalorização da dimensão subjetiva: o caso da Fazenda Larga. Ensaio Teórico (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.*
- CARVALHO, H.M. *A interação social e as possibilidades de coesão e de identidade social no cotidiano da vida social dos trabalhadores rurais nas áreas oficiais de reforma agrária no Brasil. MPF-NEAD-IICA (Relatório), Curitiba, 1989.*
- CASAS. *Ecoagrovila Renascer: desafios para a transformação do assentamento rural tradicional em comunidade ambiental e socialmente responsável: uma experiência de projeto participativo no Distrito Federal. UnB/CASAS: Brasília, 2015.*
- DAVIS, D. et al. 2013. *Participation tools for better community planning*. California: The California Endowment.
- EMATER. *PDA - Pequeno William. EMATER/DF: Brasília, 2013.*
- ESTATUTO DA TERRA, LEI N° 4.504, DE 30 DE NOVEMBRO DE 1964. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4504-30-novembro-1964-377628-norma-pl.html>. Acesso no dia 30 de setembro de 2015.
- FILIPPONE, F. *JUNTARQ: compartilhar, crescer, construir. Projeto de Diplomação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.*
- GRUPO HABIS. *Caderno Amarelo - O encontro de famílias e assessores: organizando grupos para projetos de habitação rural. UFSCar/HABIS: São Carlos, 2004.*
- HOLANDA, F. *O espaço de exceção. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2002.*
- IICA. *Diretrizes Metodológicas para o Planejamento Municipal e dos Assentamentos de Reforma Agrária. PCT - INCRA/IICA: Brasília, 1997.*

- 
- IICA. *Roteiro Mínimo comum para a elaboração de Plano de Desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos de Reforma Agrária. PCT - INCRA/IICA: Brasília, 1998.*
  - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2010. *Censo Demográfico Brasileiro.* MAZZALA NETO, W. *Agroecologia e processamento de alimentos em assentamentos rurais. Campinas, 2009.*

# CLIMATOLOGIA URBANA: ANÁLISE DE CONFORTO TÉRMICO EM HABITAÇÕES, MACEIÓ, BRASIL

*Lina Martins de Carvalho (linamartins\_@hotmail.com); Ricardo Victor Rodrigues Barbosa (rvictor@arapiraca.ufal.br)*

Universidade Federal de Alagoas; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFAL-FAU) - Brazil

**Palavras chaves:** climatologia urbana, planejamento urbano, conforto térmico, espaços livres públicos e privados, conjuntos habitacionais populares

*O planejamento urbano cria estratégias de organização territorial como forma de amenizar os impactos provenientes do processo de urbanização, entretanto a ocupação acelerada e mal planejada resulta, frequentemente, na formação de microclimas urbanos desfavoráveis ao conforto térmico dos cidadãos. Os prejuízos ao bem-estar são perceptíveis, tanto no interior dos edifícios quanto nos espaços livres públicos e privados, os quais requerem atenção especial, pois são geralmente mais suscetíveis às condições climáticas locais, dependendo de medidas em macro escala de planejamento urbano para obterem estratégias energéticas que contribuam com o conforto térmico.*

*Objetiva-se discutir sobre a importância da climatologia urbana para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes urbanos por meio de ações que poderiam ser consideradas nas estratégias de planejamento urbano.*

*Com base nas investigações teóricas sobre os temas de climatologia e planejamento urbano, e nos resultados das simulações realizadas a partir de uma área hipotética semelhante à um dos conjuntos habitacionais localizado na zona de expansão urbana da cidade de Maceió, chegou-se à conclusão de que algumas diretrizes poderiam ser levadas em consideração, tais como: melhorias da forma urbanística, uso de materiais mais apropriados, redução de taxas de ocupação, estímulo à vegetação nos espaços livres, dentre outros.*

## 1. INTRODUÇÃO

O planejamento urbano deve estabelecer estratégias de organização territorial com vistas a amenizar os impactos da ocupação do solo sobre o ambiente natural, entretanto a ocupação acelerada e mal planejada resulta, frequentemente, na formação de microclimas urbanos desfavoráveis ao conforto térmico dos cidadãos. Os prejuízos são perceptíveis tanto no interior dos edifícios, cujo desconforto pode ser sanado através de medidas de refrigeração artificial, quando o projeto arquitetônico não contempla estratégias bioclimáticas, quanto nos espaços livres de construção públicos e privados. Os espaços livres urbanos requerem atenção especial, pois são geralmente mais suscetíveis às condições climáticas do local, dependendo de medidas em macro escala de planejamento urbano para obterem estratégias que proporcionem uma melhor condição de conforto. Entretanto, apesar de serem considerados fundamentais na melhoria da qualidade do ambiente urbano, os espaços livres têm sido preteridos frente à especulação imobiliária que estimula a ocupação de áreas ainda não construídas.

Diante desta problemática, o presente trabalho tem por objetivo discutir a importância da climatologia urbana na melhoria da qualidade térmica dos ambientes urbanos através de ações a serem consideradas nas estratégias de planejamento urbano. Para o presente estudo, tomou-se como objeto os conjuntos habitacionais populares localizados em sua

zona de expansão urbana periférica da cidade de Maceió-Alagoas. Como método de pesquisa, foi feita a análise térmica, em escala de abordagem microclimática, de uma área hipotética baseada em um conjunto habitacional existente. Os resultados foram obtidos por meio de simulação computacional realizada no *software Envi-met*.

## 2. CLIMATOLOGIA URBANA

Para Cunha e Vecchia (2007), a climatologia pode ser identificada a partir de duas abordagens distintas: a) clássica ou tradicional – cujos elementos climáticos são tratados de maneira independente; b) dinâmica – que avalia os elementos climáticos de maneira integrada. A abordagem dinâmica tem sido recentemente mais utilizada por proporcionar uma melhor compreensão da realidade climática de um determinado local.

Os elementos climáticos são grandezas atmosféricas indispensáveis para a análise do clima de um determinado espaço num intervalo de tempo. Entretanto, apesar da combinação destes elementos ditarem as condições atmosféricas de um lugar, percebe-se que alguns condicionantes do espaço geográfico (ou fatores climáticos) podem interferir no clima. Os principais fatores climáticos são: relevo, latitude/longitude, maritimidade e continentalidade, massas de ar, vegetação e correntes marítimas.

O crescimento acelerado das cidades nos últimos séculos tem impulsionado os estudos sobre o clima urbano. Oke (1987) conceitua a climatologia urbana como a ciência que analisa as transformações atmosféricas de determinada região proporcionadas pelo processo de urbanização. Para Monteiro (1990), a relação entre clima e urbanização deve ser considerada como um sistema aberto, em que a cidade causa interferência no meio e também recebe influência dele de forma dinâmica e adaptativa.

O processo de urbanização altera as condições iniciais do clima a partir da modificação do uso e ocupação do solo, com a retirada de vegetação natural, crescimento da massa edificada, pavimentação do solo, uso de materiais de construção que contribuem com o aumento da temperatura do ar, etc. Entretanto, apesar de o planejamento urbano, principal conjunto de instrumentos de ordenação territorial nas cidades, já se adaptar à conscientização de sustentabilidade, abrangendo em suas ações e regulamentações questões sociais, econômicas e ambientais, percebe-se que as questões referentes ao clima urbano tem encontrado dificuldade em se inserir nas diretrizes específicas de organização territorial, seja pela dificuldade de se criar estratégias genéricas de adequação da construção ao clima, pelo desinteresse dos administradores do planejamento, ou por questões conceituais, dentre outros fatores.

Andrade (2005) conclui sua análise a respeito desta problemática afirmando que “a climatologia urbana tem hoje um caráter pluridisciplinar”, devendo estar integrada não só às abordagens territoriais e ambientais, mas também às “sociológicas e econômicas do espaço urbano”.

## 3. CLIMATOLOGIA E PLANEJAMENTO URBANO

Diversos autores salientam que o estudo da climatologia urbana deveria ter maior visibilidade nas estratégias de planejamento das cidades (ALCOFORADO *et al.*, 2009; ALCOFORADO e MATZARAKIS, 2010; ELIASSON, 2000; ANDRADE, 2005). Segundo Eliasson (2000) e Alcoforado *et al.* (2009), apesar de haver um vasto conhecimento sobre a climatologia urbana e interesse por parte dos planejadores, observa-se que se trata de um tema pouco aplicado, de baixo impacto, ou simplesmente não empregado no planejamento urbano.

Independentemente da escala climática, seja a nível local ou regional, são vários os fatores que podem alterar o clima de determinado espaço, como: estrutura urbana, topografia,

cobertura de superfície, latitude-longitude, relevo, distância dos grandes corpos d'água, dentre outros (ALCOFORADO e MATZARAKIS, 2010).

O aumento da temperatura do ar nas áreas mais adensadas das cidades, especialmente nas áreas centrais, em relação à temperatura do ar nas áreas rurais circunvizinhas origina um fenômeno conhecido por ilha de calor urbano. A diminuição dos recuos das edificações gera redução da porosidade da massa edificada e, conseqüentemente, da velocidade dos ventos no nível próximo ao solo, acarretando na dificuldade de dispersão de partículas e do ar quente. "O surgimento de ilhas de calor é consequência direta do aumento da rugosidade da superfície da terra, da redução na difusão do calor no meio urbano, dos baixos índices de evaporação, da poluição do ar e do calor gerado pelas atividades humanas" (COSTA e ARAÚJO, 2001, p.1). As ilhas de calor provocam efeitos negativos principalmente nas cidades de clima quente, pois interferem no conforto e saúde da população, demandam mais energia, uso de água, poluição do ar e mais precipitação (COSTA e ARAÚJO, 2001; ALCOFORADO e MATZARAKIS, 2010).

Este trabalho visa evidenciar estratégias para minimizar o estresse por calor, tanto à nível urbanístico quanto ao nível do edifício.

Com relação às estratégias urbanísticas, Alcoforado e Matzarakis (2010) recomendam estratégias de ventilação (privilegiando o interior e o entorno das edificações, de modo que os cânions urbanos estejam alinhados à favor do recebimento da brisa), de sombreamento (redução da radiação solar a partir das edificações vizinhas, da orientação dos edifícios ou por vegetação) e minimização de riscos de inundações. Givoni (1986) *apud* Koppe *et al.* (2004, p. 78) também sugere recomendações com relação à ventilação e ao sombreamento; a largura das vias, o tamanho e o formato das quadras, bem como a orientação dos lotes, devem estar favoráveis ao direcionamento dos ventos dominantes; com relação à insolação, sugere-se ruas sombreadas de modo à contribuir com a mobilidade a partir de curtas distâncias de caminhada.

Com relação às estratégias para as edificações, destaca-se o trabalho de Higuera (1998) por sua análise abrangente de localidades na Espanha que demandam por conforto térmico, seja através do resfriamento ou calefação, dependendo do local ou da época do ano. Levou-se em consideração apenas suas recomendações sobre resfriamento no interior dos edifícios: a) o posicionamento das ruas deve favorecer as fachadas de modo que lhe proporcione o benefício dos ventos da orientação desejada; b) espaços livres devem ter formatos e orientações específicos para inibir a insolação nos edifícios; c) disposição de ruas ao longo das curvas de nível respeitando a radiação e direção dos ventos; d) proporção adequada entre a largura das ruas e a altura da edificação de modo a proporcionar sombra nas fachadas; e) as fachadas mais largas da edificação devem ser direcionadas à direção de maior conforto térmico.

Em meio à tentativa de se aproveitar os dados obtidos nos estudos sobre climatologia na aplicação de diretrizes específicas de planejamento urbano, percebe-se que as áreas verdes da cidade podem servir de instrumento de balanço e equilíbrio térmico além daqueles construídos no interior das quadras. Estes espaços são importantes ferramentas, não só de melhoria dos aspectos climáticos, mas também por possibilitarem o convívio social e o contato direto com o meio ambiente.

Apesar da climatologia e do planejamento urbano serem áreas do conhecimento que possuem certa proximidade entre si, percebe-se que muitos empecilhos dificultam o aproveitamento dos dados climáticos e sua aplicação direta nas políticas de regulamentação do espaço cidadão. Como forma de sanar este problema, os trabalhos sobre climatologia que vem sendo desenvolvidos na Europa estão evitando o estabelecimento de orientações genéricas e privilegiando diretrizes mais específicas, que possam ter repercussão direta no



planejamento urbano. Em Portugal, os autores Alcoforado *et al.* (2009) propuseram orientações de fácil compreensão e aplicação pela população em geral, como, indicações dos locais mais propícios às áreas verdes; recomendações de uso e ocupação compatíveis com os corredores de ventilação; dentre outros. Higuera (2006) *apud* Assis *et al.* (2007) – além de recomendações sobre uso/ ocupação do solo, aproveitamento dos ventos, das áreas verdes e dos corpos hídricos – aponta a importância em se estabelecer “estratégias bioclimáticas específicas para cada domínio climático, que se estendem à escala do edifício”. Assim, torna-se importante destacar que a especificidade climática de cada localidade deve ser respeitada.

No Brasil, a rede de instrumentação meteorológica é pouco densa, o que dificulta a obtenção dos dados climáticos por localidade. Além disso, os dados da climatologia são pouco enfatizados pelo fato da política pública urbana brasileira priorizar as questões sociais (regularização fundiária, participação popular, etc.) e mercadológicas (que dificultam a distribuição igualitária do espaço urbano provocando exclusão socioterritorial, gentrificação, etc.) em detrimento das questões ambientais.

Apesar do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana) incentivar o “planejamento do desenvolvimento, (...) de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente”, percebe-se que é comum haver confusões sobre a real importância do meio ambiente para as cidades, ocasionando na indefinição conceitual de termos importantes como “conforto ambiental urbano”, “urbanismo bioclimático” e “planejamento ambiental” (ASSIS *et al.*, 2007).

A maioria dos estudos sobre conforto ocorridos no Brasil procura investigar as variáveis do ambiente urbano (estrutura de circulação, espaços livres e áreas verdes, condições das quadras, lotes e edificações) e correlaciona-las com as mudanças microclimáticas, criando assim diretrizes de usos, tipos de ocupação do solo, forma urbana, vegetação urbana, parâmetros urbanísticos, etc. Entretanto – apesar destes parâmetros urbanísticos (recuos, gabaritos, taxas de ocupação, etc.) serem um dos principais instrumentos de ordenação territorial por pretender garantir o conforto térmico, luminoso e acústico através de recuos mínimos, aberturas dos edifícios, áreas destinadas à vegetação e permeabilidade do solo, etc., – percebe-se que alguns dessas diretrizes são estabelecidas de forma genérica, não respeitando as características particulares de cada local. Fato que deveria ser levado em consideração num país como o Brasil, tendo em vista sua diversidade de microclimas (ASSIS *et al.*, 2007).

#### **4. ESTUDO DE CASO: MACEIÓ**

A cidade de Maceió, capital do estado de Alagoas, localiza-se no Nordeste brasileiro, às margens do oceano Atlântico. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2010), possui população de 932.748 habitantes e área de 509.000.000 m<sup>2</sup> (509 km<sup>2</sup>).

##### **4.1. Caracterização climatológica de Maceió**

O fato da cidade de Maceió estar localizada no nordeste brasileiro, a baixa latitude faz com que seu clima seja predominantemente quente ao longo de todo o ano. As principais massas de ar que influenciam o meio são a Equatorial Atlântica e a Tropical Atlântica. Com base nas Normas Climatológicas do Brasil (1961-1990), obteve-se os dados dos principais elementos climáticos da cidade: (A) Temperatura: a média ao longo do ano varia entre 29,15K e 29,15K; (B) Umidade relativa do ar compensada: varia de 75% à 80%; (C) Precipitação: a média acumulada mensalmente varia de 60mm à 80mm, com menores registros pluviométricos durante a primavera e verão (outubro à janeiro) e maior incidência

de chuvas durante o outono e inverno (abril à julho) (BARBOSA, 2005); (D) Evaporação: o total anual varia de 1.200mm à 1.600mm; (E) Ventilação: a velocidade média mensal varia de 2,5m/s à 3,0m/s, à mais de 10m.

Com relação à orientação da ventilação, Torres (2006, p. 49) salienta que “a cidade possui seus ventos mais frequentes provenientes do quadrante leste (sudeste e nordeste), sendo os ventos nordeste predominantes nos meses mais quentes e os ventos sudeste mais constantes o ano inteiro”. Como recomendações para a adequação das edificações à realidade climática da cidade de Maceió, principalmente com relação às estratégias de ventilação e sombreamento, Torres (2006, p. 50) sugere que “dentre as principais solicitações térmicas para a região, em relação ao clima quente e úmido, recomenda-se o máximo de sombreamento para os espaços externos e um mínimo de capacidade térmica para os materiais usados nas edificações e arredores”.

#### 4.2. Caracterização urbanística de Maceió

O processo de urbanização da cidade de Maceió está relacionado aos aspectos físicos de seu sítio natural, cujos limites (o oceano, a lagoa Mundaú e o aglomerado de grotas e encostas localizadas a nordeste da cidade, cujas elevadas inclinações dificultam o processo construtivo) delineiam a malha urbana que veio sendo modelada ao longo dos anos. A ocupação territorial até meados do século XX permanecia restrita às planícies litorânea e lagunar. Por volta de 1980, outras regiões da cidade passaram a ser ocupadas, como: litoral norte, margens da lagoa Mundaú e a porção do extremo norte da cidade localmente conhecida como tabuleiro. Esta última merece destaque por ser atualmente considerada pelo Pano Diretor da Cidade de Maceió (2005) como zona de expansão norte urbana, seja pela possibilidade de ligação com o restante da cidade através das vias estruturais (Av. Fernandes Lima e Av. Menino Marcelo), pela facilidade construtiva do relevo de planalto ou pelo baixo valor de mercado da terra, onde vem sendo construídos diversos conjuntos habitacionais populares.

Beneficiados por programas habitacionais promovidos pela Companhia de Habitação Popular de Alagoas (COHAB/AL) e pelo Minha Casa Minha Vida (MCMV), os conjuntos habitacionais populares em Maceió foram majoritariamente construídos na zona de expansão norte da cidade, local ainda incipiente em termos de infraestrutura urbana, distante do centro da cidade e de seus principais serviços e atrativos. De acordo com Carvalho (2012), a maioria destes conjuntos foram construídos em área de bacia endorreica, cujo escoamento pluvial da água precipitada no local tende a se direcionar para os pontos de menor altitude causando um histórico prejuízo de alagamentos, uma vez que esta bacia se configura pela inexistência de corpos d'água (rios, lagoas, etc.) naturalmente responsáveis pelo escoamento das águas. Mesmo se tratando de uma área propícia à alagamentos, alguns comércios e serviços (como o distrito industrial, universidade federal e *shopping center*) foram implantados no local estimulando ainda mais seu crescimento urbano.

Carvalho (2012) afirma ainda que a ocupação desta área deveria ter critérios mais rígidos com relação ao incentivo de permeabilidade do solo, já previamente estabelecidos pelo Plano Diretor, seja nos espaços públicos ou privados, como forma de contribuir com a infiltração natural das águas pluviais, evitando-se assim os alagamentos. Entretanto, tem-se observado: o crescimento do número de conjuntos construídos; a consolidação dos já existentes; a pavimentação de novas ruas de acesso; a redução de áreas ajardinadas em toda a extensão da bacia; o aumento da taxa de ocupação dos lotes (uma vez que a maioria das residências destes conjuntos foram implantadas a partir de casas embrião, com área construída mínima); a redução da taxa de permeabilidade dos lotes (diante do acréscimo de edificações secundárias, construção de garagens e impermeabilização de quintais); além da

implantação de praças e espaços públicos desprovidos de vegetação o que inibe a utilização dos mesmos pela falta de estrutura de lazer ou pelo desconforto térmico.

Sabendo-se da importância da vegetação para o conforto ambiental do local pretende-se com este trabalho, fazer um estudo experimental em que se constate as diferenças de temperatura do ar em cenários com presença de vegetação e outro desprovido de verde, levando-se em consideração as características predominantes da zona de expansão norte de Maceió.

## 5. ESTUDO EXPERIMENTAL

Observando-se o crescimento dos conjuntos habitacionais populares localizados na zona de expansão norte da cidade de Maceió e a necessidade de se preservar a arborização de seus espaços livres, sejam eles públicos ou privados, o presente trabalho buscou verificar se a vegetação pode trazer benefícios importantes à amenização das condições climáticas, principalmente com relação à temperatura do ar.

Para tanto, optou-se por escolher um dos conjuntos habitacionais localizados na área de estudo da bacia endorreica e analisar as suas condições de conforto térmico. O conjunto Residencial Denisson Meneses localiza-se na parte central da zona de expansão urbana, é constituído por 564 unidades com lotes de 95m<sup>2</sup> e casa do tipo embrião com apenas 30m<sup>2</sup> de área construída. É um dos conjuntos com aspecto mais árido do local. As calçadas estreitas inviabilizam a implantação de árvores de grande porte que proporcionem sombra; as áreas livres públicas também são desprovidas de vegetação cuja infraestrutura se resume à bancos e campos de peladas descobertos, cujas elevadas temperaturas durante o dia inviabilizam seu uso; os quintais das residências são reduzidos diante da necessidade de ampliação da área construída de apenas 30m<sup>2</sup>, restando pouco ou nenhum espaço para a plantação de qualquer vegetação, tendo em vista a impermeabilização de muitos deles (ver figura 1).



Figura 1. Conjunto Residencial Denisson Meneses. Fonte: Google Earth, imagens obtidas em 2015.

### 5.1. Método: simulação computacional

O método usado para o presente estudo foi a simulação computacional no *software Envi-met*. Foram modelados dois cenários hipotéticos de estudo que preservassem algumas características gerais do conjunto Residencial Denisson Meneses, como largura de ruas, proporção do tamanho dos espaços livres públicos, tamanhos dos lotes residenciais e suas áreas construídas, alturas das edificações e da vegetação, materiais utilizados, cores, parâmetros urbanísticos condizentes com a zona de implantação do conjunto, etc. Os dados climáticos usados para entrada na simulação computacional foram obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) e *University of Wyoming (UW)*, considerando-se os horários das 9:00h, 15:00h e 20:00h do dia 9/7/2015, com característica de céu claro, ar calmo e pouca nebulosidade.

Como forma de se analisar os benefícios da vegetação sobre a área de estudo, bem como os prejuízos do crescimento urbano no local, no que consiste aos seus efeitos climáticos,

optou-se por fazer dois cenários distintos de simulação, tendo como base as mesmas condições de dados climáticos. Em ambos os cenários, os elementos físicos investigados foram os espaços livres públicos (ruas, calçadas e quadra ao centro destinada ao uso público) e privados (quintais – recuos não construídos no interior dos lotes). Abaixo segue a descrição dos cenários modelados:

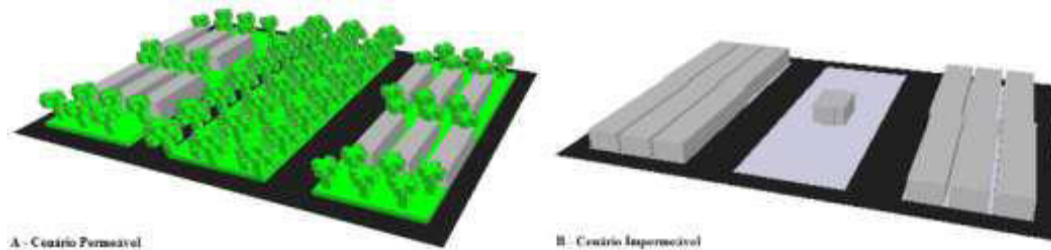


Figura 2. (A) Cenário Permeável, (B) Cenário Impermeável. Fonte: ENVI-met.

(A) Cenário permeável – Espaço livre público totalmente gramado e com árvores de 7m de altura cuja distribuição das copas proporciona sombreamento em quase toda a sua extensão. Para as residências foi considerada a área construída mínima do lote embrião de 30m<sup>2</sup> e altura de 3m. Os quintais totalmente gramados e com árvores de 5m de altura, tanto na parte frontal quanto posterior do lote (ver figura 2).

(B) Cenário impermeável – Espaço livre público totalmente impermeável e com ausência de qualquer vegetação. A presença de uma edificação está relacionada ao fato de serem comuns comércios ou serviços localizados nestes espaços. Para as residências, foi considerado um cenário futuro de total ocupação do solo, com área máxima construída permitida pela legislação vigente, uma vez que é frequente a criação de novos cômodos ou ampliação dos já existentes. Para os quintais foi considerada a área mínima exigida e totalmente impermeáveis (ver figura 2).

## 5.2. Resultados preliminares da simulação computacional

Como forma de analisar o comportamento térmico nos cenários modelados, optou-se por utilizar os dados de variação de temperatura e ventilação simulados pelo *ENVI-met*. Para efeito gráfico, a temperatura do ar e do solo puderam ser analisadas através da variação de cores e valores, já os ventos através de sua direção e velocidade. Para cada cenário obteve-se cinco figuras, sendo: a primeira, segunda e terceira referentes às plantas baixas (com linha de corte à 1,5m do chão) nos horários das 9:00h, 15:00h e 20:00h, respectivamente, sob as quais foram analisadas informações de temperatura do ar e ventilação; a quarta, referente à vista no horário das 15:00h, sob a qual também foram analisadas informações de temperatura do ar e ventilação; e por fim, a quinta, referente à planta baixa (com linha de corte à 0,0m do chão) no horário das 15:00h, sob a qual foi analisada a temperatura do solo (ver figura 3).



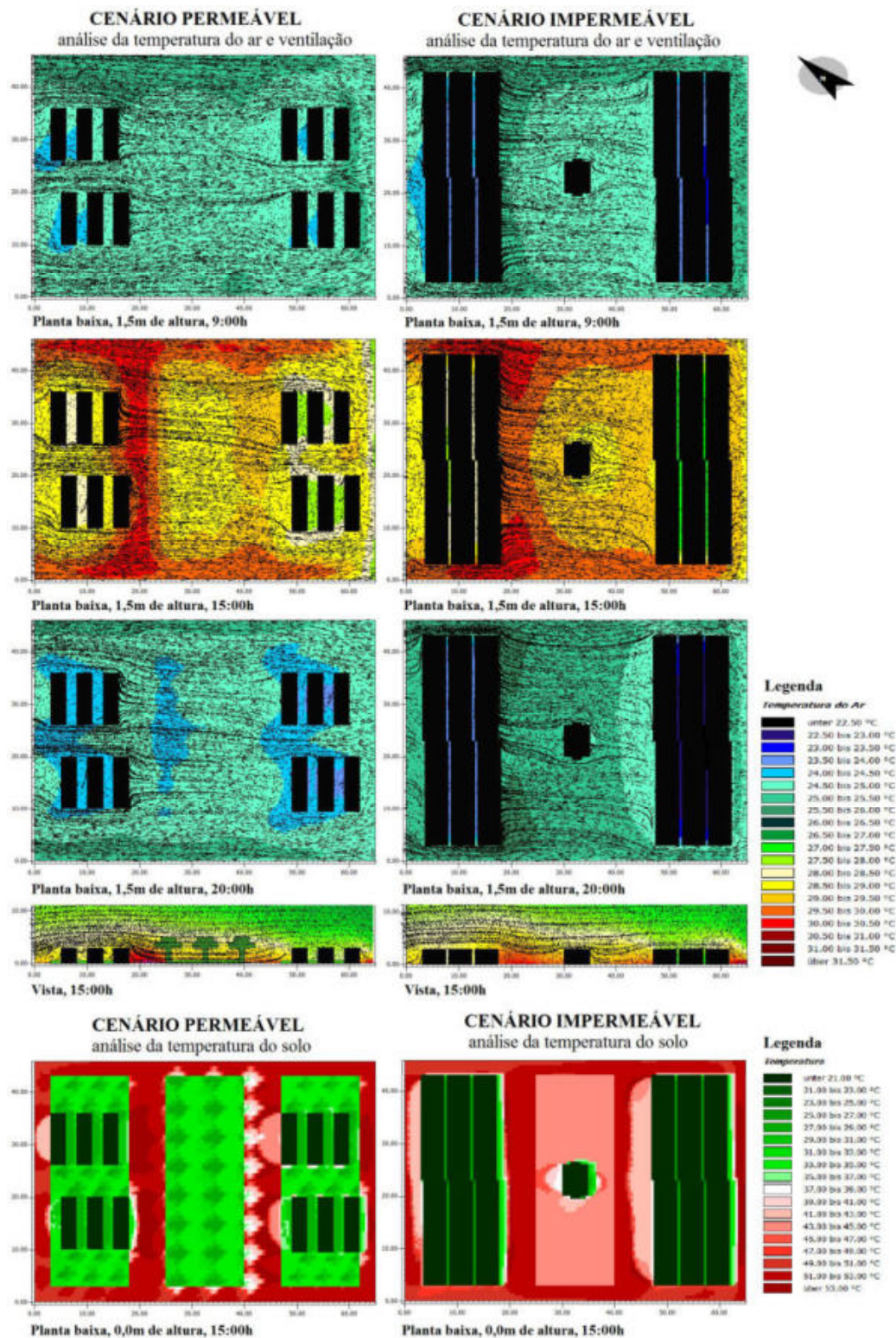


Figura 3. Resultados das simulações. Fonte: ENVI-met.

Com relação à análise da temperatura do ar e ventilação nos espaços livres públicos e privados de ambos os cenários, tem-se:

### 5.3. Espaços livres públicos (ruas e quadra central):

Sobre a temperatura do ar: As ruas com pavimento asfáltico apresentaram temperaturas mais amenas nos horários das 9:00h e 20:00h, 297,65K e 298,15K (respectivamente), e a mais elevada no horário das 15:00h, chegando à alcançar a máxima de 304,65K no cenário impermeável. Com relação à quadra central, no horário das 9:00h, obteve pouca variação de temperatura em ambos os cenários, de 297,65K à 298,65K. No horário das 15:00h, a quadra



central do cenário permeável variou de 301,65K à 303,15K, sendo esta última temperatura encontrada apenas nas áreas próximas ao asfalto e não sombreadas pelas árvores. Já o cenário impermeável, apesar de ter variação de temperatura semelhante, obteve maior desconforto por apresentar mais manchas com maiores temperaturas. No horário das 20:00h, o cenário impermeável também apresentou as maiores temperaturas na quadra central, tendo em vista a capacidade térmica do material utilizado para a pavimentação, que permanece liberando calor para o ambiente mesmo na ausência da incidência de radiação solar.

Sobre a disposição do fluxo de ventos: A localização dispersa das edificações à barlavento e a presença de árvores altas e com copas largas permitiram a movimentação do fluxo de vento e o sombreamento, contribuindo para que o comportamento térmico tivesse temperatura do ar mais amenas no cenário permeável. Já no cenário impermeável, o formato linear e contínuo dos edifícios provocou uma barreira à ventilação natural, gerando um campo de baixa pressão e inibindo parcialmente a incidência do fluxo de ar em parte da quadra central.

Sobre a temperatura do solo: A quadra central apresentou influência direta do sombreamento das edificações e das árvores, uma vez que, as faixas de menores temperaturas do solo coincidem com os pontos de sombra proporcionados por estes elementos, considerando-se ainda a angulação do sol no período das 15:00h. Assim, pode-se perceber que o cenário permeável apresentou as menores temperaturas do solo no horário das 15:00h.

#### **5.4. Espaços livres privados (quintais):**

Sobre a temperatura do ar: No cenário permeável, os quintais apresentaram temperaturas semelhantes entre si nos horários de 9:00h e 20:00h, variando de 296,65K à 298,15K, de modo que no horário das 9:00h houve maior influência da insolação e no horário das 20:00h uma temperatura mais amena tanto nos recuos laterais quanto nos anteriores e posteriores. Já o horário das 15:00h apresentou variação de 300,65K à 303,65K; as temperaturas mais elevadas foram encontradas nas proximidades das ruas asfaltadas; as temperaturas intermediárias nos recuos frontais e posteriores (beneficiados pelo sombreamento das árvores); e, as menores sobre os recuos laterais (tendo em vista o sombreamento proporcionado pelas alturas das edificações). No cenário impermeável, os quintais se resumem aos recuos laterais, que, apesar de pavimentados, apresentaram a menor temperatura da simulação, 295,65K no horário das 20:00h. Percebe-se que apesar dos recuos laterais do cenário impermeável serem constituídos por materiais de alta capacidade térmica, estes apresentaram alguns pontos com temperatura (300,15K) semelhante à encontrada no cenário permeável no horário das 15:00h, tendo em vista o benefício das sombras formadas pelas edificações.

Sobre a disposição do fluxo de ventos: Apesar do cenário impermeável ter apresentado as menores temperaturas em seus recuos laterais, observa-se que os quintais do cenário permeável apresentaram as melhores condições de conforto tendo em vista a circulação de ventos viabilizados pelo reduzido tamanho das áreas construídas, pelo espaçamento entre os edifícios e pela altura das árvores. A ventilação dos quintais do cenário permeável contribui tanto com a amenização do clima na área externa da residência quanto em sua área interna, diferentemente do ocorrido no cenário impermeável, em que os estreitos recuos inviabilizam a ventilação nas áreas internas do edifício pelo fato das edificações servirem de barreira para os ventos predominantes do Sudeste.

Sobre a temperatura do solo: Da mesma forma como foi constatado na análise da temperatura do solo dos espaços livres públicos, o cenário permeável também apresentou as menores temperaturas de solo para os espaços livres privados.

Apesar dos cenários permeável e impermeável apresentarem alguns resultados adversos ao esperado (a exemplo de menores temperaturas nos recuos laterais do cenário impermeável; variação de temperatura entre as ruas laterais da quadra central; temperaturas mais altas em alguns pontos à barlavento, etc.), percebe-se que, de modo geral, as condições térmicas do cenário permeável são mais amenas, seja pelo fato das menores temperaturas abrangerem áreas mais amplas ou pela disposição dos edifícios viabilizarem a circulação dos ventos, o que beneficia não só os espaços livres públicos e privados, mas também o interior das edificações.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O baixo aproveitamento dos dados climáticos por parte das políticas de ordenação territorial estimulou o crescimento de áreas termicamente desconfortáveis nos interstícios das cidades brasileiras, devido ao crescimento construtivo de áreas ainda não ocupadas, da escassez de espaços livres, do uso de materiais de construção com elevada capacidade térmica, redução de áreas vegetadas, dentre outros fatores. Com base nisso, diversos estudos, no contexto brasileiro e estrangeiro, procuraram desenvolver diretrizes urbanísticas específicas para cada localidade urbana, adaptadas à sua realidade microclimática.

Com base nas investigações teóricas sobre o tema de climatologia urbana e nos resultados da simulação computacional realizada em uma área hipotética semelhante à um dos conjuntos habitacionais localizado na zona de expansão urbana da cidade de Maceió, chegou-se à conclusão de que algumas diretrizes poderiam ser levadas em consideração para aumentar a qualidade de vida no local em questão. Com relação à forma urbanística, observou-se que deve haver um estímulo à orientação de suas ruas de modo a beneficiar o interior e o exterior dos edifícios a partir do direcionamento dos ventos predominantes, principalmente nos novos empreendimentos a serem lançados. Sobre os materiais, acredita-se que deve haver um estímulo à utilização de pavimentação alternativa em substituição ao asfalto, optando por uma cobertura de menor capacidade térmica e maior permeabilidade. Com relação à tipologia urbanística, observou-se a necessidade de rever a taxa máxima de ocupação de 90%, uma vez que se trata de um valor muito elevado para a realidade dos conjuntos habitacionais populares, por já possuírem lotes de tamanhos reduzidos e inviabilizarem áreas ajardinadas.

Por fim, conclui-se que os espaços livres públicos e privados exercem importante papel para a área em estudo, principalmente quando vegetados, pois garantem: a qualidade do conforto térmico reduzindo a temperatura radiante; o sombreamento e a circulação dos ventos através de árvores altas e copas largas; benefícios hídricos pela possibilidade de infiltração das águas pluviais evitando-se os constantes alagamentos; embelezamento e contemplação paisagísticas. Dentre outros aspectos, o investimento na qualidade do conforto climático dos espaços livres garante a perpetuação de seu uso, disponibiliza mais opções de lazer para a população, proporciona maior dinamicidade ao local, reduz a violência, aumenta a sociabilidade entre moradores, além de evitar o surgimento de espaços subutilizados nas cidades.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcoforado, Maria João; Andrade, Henrique; Lopes, Antônio; Vasconcelos, João (2009). *Application of climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal)*. *Landscape and Urban Planning*, v. 90, edições 1-2, p. 56-65. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/01692046/90/1-2>.
- Alcoforado, Maria João; Matzarakis, Andreas (2010). *Planning with urban climate in different climatic zones*. *Geographicalia*. n. 57, p. 5-39. Disponível em:
- <https://papiro.unizar.es/ojs/index.php/geographicalia/issue/view/59>.

- Andrade, Henrique (2005). *O clima urbano: natureza, escalas de análise e aplicabilidade*. FINISTERRA Revista Portuguesa de Geografia, Lisboa, v. 40, n. 80, p. 67-91. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/finisterra>.
- Assis, Eleonora Sad de (2006). *Aplicações da climatologia urbana no planejamento da cidade: revisão dos estudos brasileiros*. Revista de Urbanismo e Arquitetura, v. 7, n. 1, p. 20-25. Disponível em: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/rua/issue/view/352/showToc>.
- Assis, Eleonora Sad de; Ramos, Jussara Grosch Ludgero; Souza, Roberta Vieira Gonçalves de; Cornacchia, Gianni Maria Machado (2007). *Aplicação de dados do clima urbano no desenvolvimento de planos diretores de cidades mineiras*. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9., Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 5., 2007, Ouro Preto. Anais ENCAC. Ouro Preto: UFMG, 2007. p. 152-161. CD-ROM.
- Barbosa, Ricardo Victor Rodrigues (2005). *Áreas Verdes e Qualidade Térmica em Ambientes Urbanos: estudo em microclimas de Maceió-AL*. São Carlos: USP, 2005. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil.
- Brasil. *Estatuto da Cidade. Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal de 1988 e estabelece diretrizes gerais da política urbana*. Congresso Nacional. Brasília-DF, 2001.
- Carvalho, Lina Martins de (2012). *Processo de urbanização em área de bacia endorreica: caracterização dos padrões de ocupação dos espaços construídos e dos espaços livres de construção em Maceió-AL*. Maceió: UFAL, 2012. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.
- Carvalho, Camila Antunes de (2010). *Avaliação do sombreamento e da iluminação natural em apartamentos de edifícios residenciais verticais multifamiliares de Maceió-AL: o uso de varandas*. Maceió: UFAL, 2010. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.
- Cunha, Davi Gaparini Fernandes; Vecchia, Francisco (2007). *As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática*. Ciência & Natura, v. 29, n. 1, p. 137-149. Disponível em:  
<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/issue/view/555>.
- Costa, Fernando José de Medeiros; Araújo, Virgínia Maria Dantas de (2001). *Ventilação e prescrições urbanísticas: uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis, em Natal/RN*. In: Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído, 6., Encontro Latino-Americano De Conforto No Ambiente Construído, 3., 2001, São Pedro (SP). Anais ENCAC. São Pedro (SP): ANTAC, 2001. CD-ROM.
- Houaiss, Antônio; Villar, Mauro de Salles; Franco, Francisco Manoel de Mello (2006). *Dicionário eletrônico Houaiss: língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda., versão 1.0.10, 2006. CD-ROM.
- Eliasson, Ingegard (2000). *The use of climate knowledge in urban planning*. Landscape and Urban Planning, v. 48, edições 1-2, p. 31-44. Disponível em:  
<http://www.sciencedirect.com/science/journal/01692046/48/1-2>.
- Higuera, Esther (1998). *Urbanismo bioclimático: critérios medioambientales em la urdenación de asentamientos*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 1998. Originalmente apresentada como tese de doutorado, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Espanha.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:  
<http://www.cidades.ibge.gov.br>.
- Koppe, C.; Kovats, S.; Jendritzky, G.; Menne, B.; Baumüller, J.; Bitan, A.; Díaz, J.; Ebi, K.L.; Havenith, G.; Santiago, C.; Michelozzi, P.; Nicol, F.; Matzarakis, A.; Mcgregor, G.; Nogueira, P.J.; Sheridan, S.; Wolf, T (2004). *Heat-waves: risks and responses*. Health and Global Environmental Change, Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, n. 2.

- Maceió. *Plano Diretor do Município de Maceió. Lei Municipal n° 5.486, de 30 de dezembro de 2005. Institui o Plano Diretor do Município de Maceió, estabelece diretrizes gerais de política de desenvolvimento urbano. Câmara Municipal de Maceió. Maceió-AL, 2005.*
- Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo (1990). *A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica. Geosul, v. 5, n. 9, p. 80-114. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/issue/view/1222>.*
- Oke, Tim R (1987). *Boundary layer climates. 2. ed. Taylor & Francis e-Library.*
- Torres, Simone Carnaúba (2006). *Arranjos construtivos urbanos: um estudo sobre a influência da configuração de conjuntos habitacionais verticais na qualidade térmica de edificações em Maceió-AL. Maceió: UFAL, 2006. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal de Alagoas, Brasil.*

## TURISMO SUSTENTABLE EN LA MICRO REGIÓN INSULAR (SANTA FE)

Patricia Mines ([pmines@fadu.unl.edu.ar](mailto:pmines@fadu.unl.edu.ar)); Enrique Mihura ([emihura@fich.unl.edu.ar](mailto:emihura@fich.unl.edu.ar));  
Ricardo Giavedoni ([minesgiavedoni@gmail.com](mailto:minesgiavedoni@gmail.com))

Universidad Nacional del Litoral; Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UNL-FADU)  
- Arg.

**Palabras clave:** turismo sustentable, micro región insular, desarrollo sustentable, Santa Fe

*En el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS), la declaración del Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo 2017 (IY2017), marcó un momento crucial para poner en agenda la contribución del turismo sustentable al desarrollo. Para la Unesco, la reducción de los impactos negativos y la promoción de los aspectos positivos en ambientes y comunidades, puede motorizar un crecimiento económico distribuido, la inclusión social, el empleo y la reducción de la pobreza, colaborar en el uso eficiente de los recursos, la protección y puesta en valor de los ecosistemas, la conciencia sobre el cambio climático, la protección de valores culturales, diversidad y patrimonio e incrementar la comprensión mutua, la paz y seguridad, aumentando la resiliencia. En territorios como el valle de inundación del río Paraná, el turismo es una de las actividades socioeconómicas que viene creciendo de manera insustentable. El proyecto de investigación interdisciplinaria Procedimientos de gestión del desarrollo sustentable en áreas inundables con gobernabilidad difusa de Mihura et al 2011 y 2016 de la UNL, ha adoptado como caso el área insular del espacio metropolitano Santa Fe-Paraná. Se supone que a partir de un marco conceptual-metodológico, “un camino viable hacia un futuro sustentable y deseable” (Gallopín, 2004:21) y de la implementación de 6 estrategias de gestión (Mihura, 2012) se podrá transformar a estos sistemas complejos en sujetos del desarrollo, con capacidades suficientes para gestionar la implementación de medidas en los sistemas superiores; construir planes y proyectos que generen procesos de desarrollo sustentable (económicamente viables, con equidad social y cuidado de los recursos) y planes de contingencia frente a situaciones extremas. En el marco de la investigación interactiva se promueve un proceso de cooperación universidad-gobiernos locales en donde se adopta como estrategia de gestión del desarrollo sustentable al turismo. Trascurridos 4 años de la investigación, en el presente trabajo se avanza en: 1) la conceptualización del turismo sustentable y su valor estratégico, 2) las dimensiones de la sustentabilidad aplicada a un territorio (Sach, 1995; Pesci, 1997) traducidos en términos de campos para un proyecto turístico sustentable (ecológico- natural, socio-económico, social, cultural, espacial e institucional), 3) la descripción del área de estudio en tanto micro región insular y el proceso metodológico que permite su abordaje, 4) una hipótesis preliminar de las dimensiones aplicadas a la MRI, y 5) el caso de Guardianes Del Río como turismo náutico de interpretación.*

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. El turismo y el turismo sustentable

La extraordinaria expansión del turismo como una de las actividades socio-económicas de mayor tamaño mundial (10% PBI), con impactos crecientes en territorios y comunidades, hace de la temática una realidad imposible de desdeñar.

Las contradicciones y efectos positivos y negativos ponen en tensión enfoques, conceptos y metodologías. Lo global y lo local, capitalismo y consumo, conservación y desarrollo,



alternativas, responsabilidades y participación de los actores, son parte en el necesario debate.

En medio de estos planteos está comenzando a desarrollarse con relativo éxito una mirada crítica e imaginativa del turismo que pone el énfasis en su potencial transformador en beneficio de ambientes y comunidades.

En el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo 2017 (IY2017) declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas, marcó un momento crucial para sensibilizar a los responsables de tomar decisiones y al público en general de la contribución del turismo sustentable al desarrollo, movilizándolo a la vez a todos los grupos de interés para que trabajen juntos para hacer del turismo un catalizador de cambio positivo. *El turismo puede colaborar con un crecimiento económico distribuido y sostenido, con la inclusión social, el empleo y la reducción de la pobreza, el uso eficiente de los recursos, la protección de los ecosistemas y cambio climático, proteger valores culturales, diversidad y patrimonio, incrementar la comprensión mutua, paz y seguridad, siendo también uno de los sectores más resilientes a las situaciones de crisis.* (ONU, OMT 2018)

## **1.2. Dimensiones del turismo sustentable**

Los principios surgidos de la Carta de Turismo Sostenible de Lanzarote (1998) se apoyan en los tres pilares del concepto del desarrollo sustentable<sup>30</sup> entendido como estilo de desarrollo deseable (Gallopín, 2006).

Tamborlani da Silveira (2005), recupera las aportaciones de Ignasi Sachs (1993;1995)<sup>31</sup> en su concepto de eco-desarrollo, identificando 5 aspectos relevantes de la sustentabilidad aplicada a un territorio. Pesci cita a Celesia (1997) para definir los 5 campos de actuación para el proyecto turístico sustentable.

A partir de estos aportes, en esta investigación, se redefinen 6 dimensiones del desarrollo sustentable con valor de estrategia de abordaje (prescriptivo y operativo) de la complejidad involucrada en el fenómeno turístico.

### **1.2.1. Sustentabilidad ecológico-natural:**

Implica el uso racional adecuado de los recursos naturales y el aprovechamiento y conservación de la diversidad natural y paisajística. Se refiere tanto a la base física del proceso de desarrollo como a la capacidad de soporte de los ecosistemas asociados para absorber o recuperarse de las agresiones antrópicas. Supone el equilibrio entre las tasas de emisión y/o producción de residuos y las tasas de absorción y/o regeneración de los ecosistemas.

### **1.2.2. Sustentabilidad socio-económica:**

Implica estimular procesos de desarrollo económico endógenos que supongan la promoción de actividades económico-productivas capaces de sustentar las economías locales, promoviendo la realización de constantes inversiones públicas y privadas con el objeto de garantizar, no solamente la rentabilidad empresarial de carácter micro-económico, sino la eficiencia económica en términos macro-sociales en el presente y en el futuro. Los modelos de economías solidarias que recuperen el concepto de empresa, por su dinámica y forma de actuación, dirá pesci refiriéndose a las empresas de iniciativas ambientales<sup>32</sup> o empresas colectivas a las que se refiere Mihura<sup>33</sup>.

---

<sup>30</sup> (Citides, 2018) [http://citides.mincyt.gob.ar/p\\_documentos\\_institucionales.php](http://citides.mincyt.gob.ar/p_documentos_institucionales.php).

<sup>31</sup> Tarlombani da Silveira (2005)

<sup>32</sup> Pesci (2000)

<sup>33</sup> Mihura (2011)

### **1.2.3. Sustentabilidad espacial:**

Significa prever y planificar procesos de ocupación, uso y gestión del territorio armónicos entre necesidades socioeconómicas y la oferta y potencialidades del medio propiamente físico natural.

### **1.2.4. Sustentabilidad cultural:**

Hace referencia a la necesidad de mantener la diversidad de culturas, valores y prácticas existentes en el planeta, en el país o en una región y que a lo largo del tiempo conforma las identidades de los pueblos, supone la recuperación y promoción de los atributos históricos, artísticos, y culturales locales

### **1.2.5. Sustentabilidad social:**

Presenta una dimensión relacionada a los esfuerzos de construcción de la ciudadanía y de la integración plena de los individuos a una cultura de derechos y deberes. Y reducir los niveles de exclusión social a través de políticas distributivas que promuevan una mayor equidad que implica la distribución social de los beneficios y el consecuente mejoramiento de la calidad de vida de la población, así como la recuperación del poder de decisión e iniciativa de la ciudadanía en las cuestiones que afectan la vida de la sociedad.

### **1.2.6. Sustentabilidad institucional:**

Está vinculada a la necesidad de crear y fortalecer el orden institucional y de los organismos de representación político-social cuyo diseño y estructura ya tienen en cuenta criterios de sustentabilidad. También hace referencia al gobierno y a la gobernabilidad, es decir, a las condiciones objetivas de las políticas en pro del desarrollo sustentable. La comisión de desarrollo sostenible de naciones unidas destaca separadamente la dimensión institucional ya que desde el punto de vista operativo, ésta contiene las estructuras y procesos que permiten a una sociedad regular sus acciones en pos de sus objetivos<sup>34, 5</sup>

## **1.3. Justificación**

Desde 2014 el Programa Ambiente y Sociedad (PAS) de la Secretaría de Extensión Social y Cultural (SESyC) de la UNL, busca contribuir al análisis, reflexión y resolución de los problemas ambientales que se plantean en la sociedad actual, aportando a la construcción de una visión colectiva del desarrollo sustentable en su territorio. Para ello gestó el concepto de “laboratorio a cielo abierto” en donde se despliegan –en paralelo- las funciones de extensión, docencia e investigación.

Simultáneamente, el proyecto de investigación CAI+D ‘Procedimientos de Gestión del Desarrollo Sustentable en Áreas Inundables con Gobernabilidad Difusa’ (Mihura et. al, 2011 y 2016) con sede en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, en el marco del Programa de Estudios Urbano Territoriales del área Santa Fe-Paraná de la FADU, UNL, ha tomado al turismo sustentable como estrategia de gestión del desarrollo en la Micro Región Insular Santa Fe, Rincón y Arroyo Leyes. La investigación plantea como objetivo avanzar en el diseño de sistemas de gobernanza a escala micro regional, entendidas como unidades de desarrollo, transformando estos sistemas complejos en sujetos del desarrollo, con capacidades suficientes para gestionar la implementación de medidas en los sistemas superiores; construir planes y proyectos que generen procesos de desarrollo sustentable (económicamente viables, con equidad social y cuidado de los recursos) y planes de contingencia frente a situaciones extremas. Como caso de estudio se identifica un territorio insular parte del valle de inundación del río Paraná.

---

<sup>34</sup> Gallopin (2006)

## 1.4. Metodología

La investigación interactiva (entendida por algunos autores como investigación-acción) es aquella cuyo objetivo consiste en modificar el evento estudiando, generando y aplicando sobre él una intervención especialmente diseñada. En ella el investigador pretende sustituir un estado de cosas actual por un estado de cosas deseado (Hurtado de Barrera, 2010)

Concebida como metodología (desde el proyecto de investigación mencionado y desde el Programa Ambiente y Sociedad), se pone en práctica en el diseño de intervenciones que articulen extensión, investigación y enseñanza.

El Laboratorio a cielo abierto (LabAC) denominado Micro Región Insular, es uno de estos espacios multiactorales en donde se lleva a cabo este proceso. Consiste en la gestión de tres procesos (sub procesos) alrededor de los cuales el equipo organiza su funcionamiento colectivo, a saber:

P1- Diálogo de saberes y gestión interactiva: Es la realización de situaciones de trabajo (conversaciones, reuniones, talleres, seminarios, cursos) con los autores del desarrollo del sistema ambiental definido como unidad de actuación, que deben ser oportunamente proyectados/ diseñados. P2- Producción de contenidos: proyectar las reuniones identificadas (día, lugar, horario, contenidos, representante/s del proyecto en cada caso).

P2.1- Prestación de Servicios: requiere la generación de información sobre el lugar y la producción de programas/ proyectos, que permiten resolver problemas concretos, lo que vuelve factible la gestión interactiva y posibilita a través de ella el enriquecimiento, mejor desarrollo y mayor consistencia de los programas/ proyectos formulados.

P2.2- Elaboración de nuevos conocimientos: análisis y construcción de conocimientos sobre el foco definido (gestión del desarrollo sustentable), mediante el análisis de situaciones (sincrónico) y procesos (diacrónico), mediante el uso de indicadores y patrones

El enfoque de la proyectación ambiental representa el modelo de intervención-síntesis del Subproceso P2.1. Este modelo integra etapas de: comprensión (diagnóstico a dos niveles, primero descripción, análisis lineal y segundo determinación de objetivos de política y análisis relacional y determinación del conflicto más perturbador); proyectación/implementación adecuada de las transformaciones del ambiente seleccionado; diseño de los ciclos de proyecto a recorrer, con el rumbo y marco que brindan los objetivos de política determinados; diseño/implementación del tema generador -tema acción- del primer ciclo de proyecto, tomando como insumos a las potencialidades identificadas.

## 2. MICRO REGIÓN INSULAR

### 2.1. Comprensión

La Micro Región Insular es el área insular del espacio metropolitano Santa Fe-Paraná, en donde comparten jurisdicción la nación, la provincia de Santa Fe, las municipalidades de Santa Fe (distrito La Costa) y San José del Rincón y la comuna de Arroyo Leyes. Tiene una superficie de 500 Km<sup>2</sup> y una población de alrededor de 50.000 habitantes. En este sistema socio ecológico en humedales, en medio del valle de inundación del río Paraná, las definiciones políticas y los procesos de organización, planificación y administración de un desarrollo sustentable dependen de acuerdos inter jurisdiccionales entre los tres gobiernos locales, la provincia de Santa Fe y la Nación.

Se trata de territorios rur-urbanos atravesados por riachos y arroyos, parte de un sistema de humedales que poseen alta biodiversidad; con un patrimonio natural y cultural asociado a esa riqueza; a las huellas de los usos y procesos económicos que en ellos tienen y tuvieron lugar; con poblaciones y dinámicas heterogéneas; indiferente expansión urbana sobre áreas naturales y productivas; con un fuerte y desordenado crecimiento de la actividad turística;

servicios e infraestructuras insuficientes y escaso aprovechamiento de las potencialidades de su condición insular/fluvial; patrones de uso del suelo no concertados entre jurisdicciones y dispar grado de concientización y preparación frente a la fuerte vulnerabilidad hídrica.

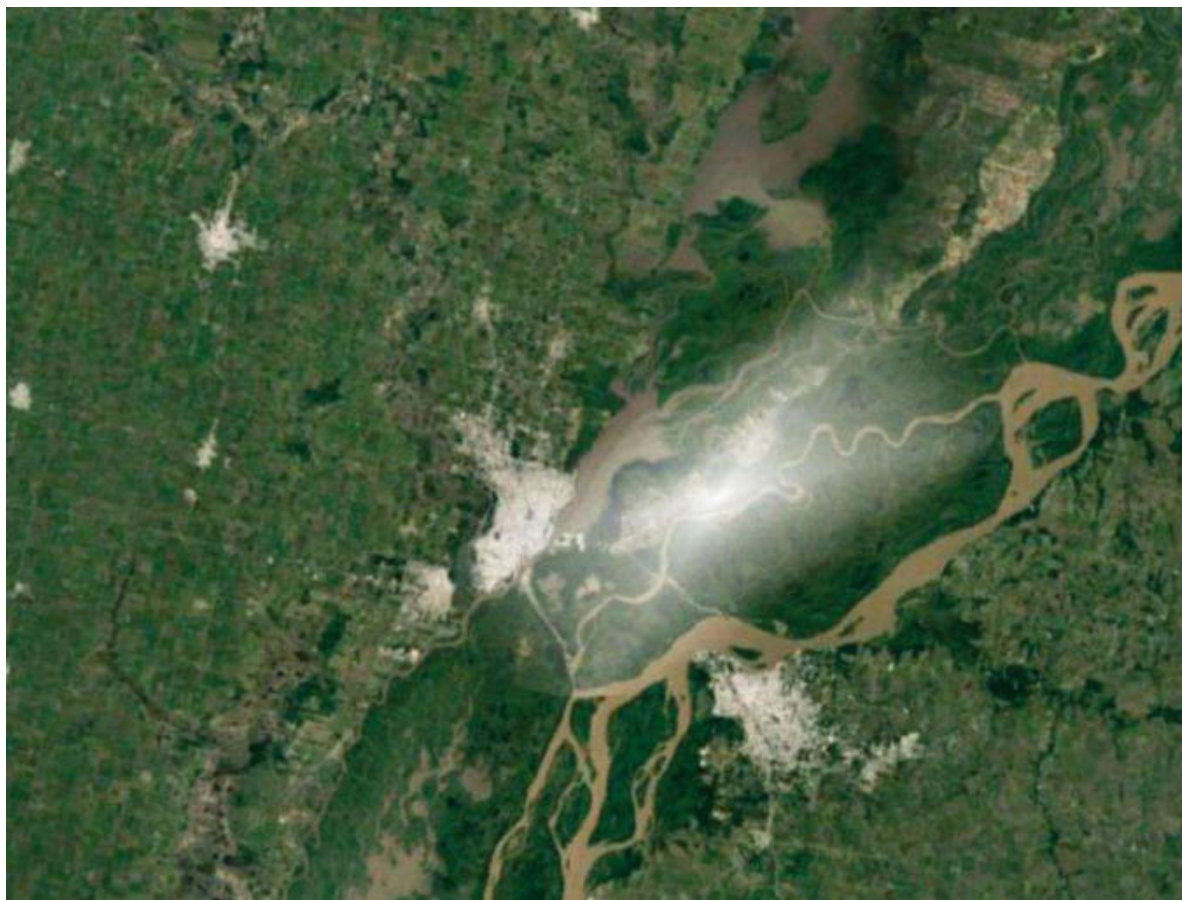


Figura 1. La denominada Micro Región Insular Santa Fe, Rincón y Leyes abarca el área insular del espacio metropolitano Santa Fe-Paraná, correspondiente a las jurisdicciones del distrito La Costa de la ciudad de Santa Fe, la jurisdicción de la ciudad de San José del Rincón y la Comuna de Arroyo Leyes.

## 2.2. Premisas u objetivos de política

La iniciativa de colaboración UNL-gobiernos locales se comienza a materializar durante el año 2014 en una serie de talleres resultado de los cuales se consensuan las siguientes premisas para el área, estructuradas por el equipo de investigación en tres grandes ejes: 1) reconocimiento, cuidado y manejo del patrimonio natural y cultural, 2) definición de modos de habitar, usos del suelo y actividades sustentables; y 3) generación de acuerdos de gobernabilidad y políticas.

Pensar en un turismo sustentable en la Micro Región Insular Santa Fe, Rincón y Arroyo Leyes implica partir de la base que algunos de los valiosos recursos de la MRI cuentan actualmente con servicios e infraestructuras que permiten disfrutarlos e invitan al descanso y actividades al aire libre. Pero muchos otros no se encuentran disponibles, sin embargo tienen posibilidades de generar novedosos productos a partir de la puesta en valor de una identidad que se fue modelando durante décadas en la relación con el río, sus productos y sus puertos y que ha inspirado a artistas y poetas de renombre nacional e internacional.



Con el río Paraná como el eje estructurador y sus canales trenzados dando forma al territorio, se puede proyectar un ambiente a partir del turismo sustentable, entramando cuidado de la naturaleza, patrimonio natural y cultural y singularidad de gentes en propuestas de generación de oportunidades de empleo e inversión.

### 3. RESULTADOS

El concepto de trama y red es la base de las hipótesis que se formulan a continuación. Se relatan en términos de resultados de un proceso que se encuentra en marcha, estas hipótesis interpretativas que podrán articular y dar sentido a la MRI como unidad de desarrollo. Estructuradas en los campos de la sustentabilidad, en próximos pasos podrán servir como esquema organizativo en la construcción de indicadores de sustentabilidad.

#### 3.1. Sustentabilidad ecológico-natural:

En la eco-región del Delta e Islas del Paraná la acción de los ríos es el principal factor modelador, y el río Paraná es el más importante del sistema<sup>35</sup>. Con un caudal promedio anual de 17.000 m<sup>3</sup>/s, cuadruplicado en crecientes extremas. Tales crecientes y bajantes son los “pulsos de inundación”<sup>36</sup> a los que se ajusta la vida de muchas plantas y animales del Paraná (reproducción, alimentación, migraciones).

La vasta llanura de inundación (IGN entre +13m y +19m sobre el nivel del mar) y el humedal<sup>37</sup> en tanto “ecosistema que permanece en condiciones de inundación cuyos suelos se saturan de agua en períodos de tiempo considerables” provee beneficios o servicios ecosistémicos hidrológicos, biológicos, culturales (amortigua inundaciones, recurso pesquero, purifica (captura carbono), hábitat de fauna y flora, apicultura, etc.

Dentro del área definida como MRI hay un área natural protegida (la reserva natural de la UNL), pero se encuentran en proceso de formulación otras tantas (Quiloazas, Colastiné Norte, Pertov, La Boca e Isla La Tona). La UNL viene promoviendo desde 2011 el Proyecto Reserva de Biosfera en Ambiente Urbano en el área metropolitana Santa Fe-Paraná.

#### 3.2. Sustentabilidad espacial:

En términos de espacio turístico (Boullón, 1997) la MRI se encuentra en la zona turística Litoral, que integran las provincias de Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes y Misiones, de la república Argentina articuladas por la presencia de los grandes ríos Paraná y Uruguay.

La ciudad de Santa Fe es considerada por en el Plan Estratégico 2025 de la Provincia de Santa Fe (2015) “Puerta actual Santa Fe Capital” (en coincidencia con el PEFTS) segundo centro de distribución de turistas de la provincia de Santa Fe.

Su influencia impacta principalmente en la región RPN1 “El camino de la costa” y en la región “Ríos de historia y aventuras” dada la proximidad geográfica. La puerta brinda a la provincia una excelente conectividad terrestre y una buena conectividad fluvial y aérea doméstica. Articula asimismo con el circuito interprovincial Santa Fe-Paraná con cabecera

---

<sup>35</sup> Burkart *et al.*, 1999

<sup>36</sup> Giraud, A.R. (2008) Jaaukanigás y Ramsar: aspectos introductorios. Pp: 11-20. En: Giraud, A.R. (ed). Sitio Ramsar Jaaukanigás: Biodiversidad, Aspectos Socioculturales y Conservación (Río Paraná, Santa Fe, Argentina). Climax N° 14, Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, Comité Intersectorial de Manejo del Sitio Ramsar Jaaukanigás, Ramsar. 2008

<sup>37</sup> García *et. al.* (2016) Secar el humedal: el *proceso de degradación de las funciones y servicios ecosistémicos* en la micro región insular de Santa Fe, Rincón y Leyes Resumen aprobado en el II Congreso Latinoamericano sobre

Conflictos Ambientales, 2016, San José, Costa Rica.



en estas dos ciudades y que motiva el desplazamiento de flujos de turistas entre las dos provincias (Santa Fe y Entre Ríos)

En virtud de las características físicas longitudinales del Corredor de la Costa y –como subsistema- la Micro Región Insular Santa Fe, Rincón y Arroyo Leyes, se puede definir como un corredor de estadia (Boullón, op. cit) que integra una red de carreteras y vías de navegación fluvial que articulan una conjunto de centros turísticos (localidades, comunas, barrios, parajes) con grandes potencialidades de complementariedad y asociatividad que aumenten la competitividad a nivel regional y nacional.

El territorio definido por la MRI aparece como una zona interfaz (entre región y centro turístico o localidad) entre Santa Fe Capital y el Camino de la Costa, identificada en el esquema del plan provincial como una zona de transición con características particulares respecto al resto del corredor costero. Si bien en este documento no se menciona con este nombre, en el Plan Estratégico Provincial Santa Fe Visión 2030 (2012)<sup>38</sup> reconoce a las micro regiones como “categoría conceptual construida a partir de criterios territoriales, temáticos, de intereses, recursos e identidades compartidas, y que posibilita una comprensión más profunda del territorio y sus particularidades”.

Estos criterios territoriales que generan una lectura unificadora del área son: 1) la característica de aislamiento que le impone la condición insular: rodeado por agua en sus cuatro lados, con acceso sólo a través de puentes, 2) la condición (histórica, actual y potencial) del sector como encrucijada de transportes terrestres y fluvio-marítimos<sup>39</sup>: La accesibilidad por las rutas N°168 y N°1, los aeropuertos de Paraná y Santa Fe, las autopistas a Rosario y Córdoba, el Corredor Bioceánico Central (Brasil - Argentina - Chile) y la Hidrovía Paraná - Paraguay (Argentina - Paraguay - Bolivia - Brasil) conformando así, con el Túnel Subfluvial Raúl Uranga – Carlos Sylvestre Begnis como nexo, el denominado Cruce Logístico Nodal<sup>40</sup>, y 3) la singular situación de proximidad de los dos principales centros urbanos de la región (Santa Fe y Paraná) y la muy consolidada y reciente interacción entre ambos, particularmente en términos de residencia, empleo y servicios<sup>41</sup><sup>12</sup>. Reforzada en particular en relación al turismo con el Programas “Dos ciudades, un destino”.

Dentro de este esquema, componentes actuales como potenciales pueden estructurar el territorio: 1) una red de centros turísticos con identidades propias (Paraje La Boca, Alto Verde, La Guardia, Colastiné, Rincón y Arroyo Leyes), 2) itinerarios y travesías multimodales que entrelazen -como los canales trenzados del río- diversos productos que se muestran al visitante de forma cohesionada y ordenada (Pos, 2011).

### 3.3. Sustentabilidad cultural:

Las características únicas en relación al patrimonio cultural (material e inmaterial) que conserva paisajes, arquitecturas, trazados, marcas y huellas tanto de procesos urbanos y productivos en una historia común de más de 400 años<sup>42</sup> dan sustento a la idea de MRI. Trabajos artesanales, mitos, leyendas, tradiciones folklóricas y festivales son

---

<sup>38</sup> Plan Estratégico Provincial Santa Fe Visión 2030. 2012. Recuperado de [https://www.santafe.gov.ar/index.php/plan\\_estragico\\_provincial](https://www.santafe.gov.ar/index.php/plan_estragico_provincial)

<sup>39</sup> Soiyet, M y García, V. Transformaciones metropolitanas; estudio comparativo de los modelos de urbanización en áreas metropolitanas de Rosario y de Santa Fe-Paraná. En Observatorio de Estudios Urbanos FADU UNL. Agosto 2011. Número 5. P. 8-20. 2011.

<sup>40</sup> Túnel Subfluvial. Recuperado de [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/206677/\(subtema\)/206664](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/206677/(subtema)/206664)

<sup>41</sup> Idem

<sup>42</sup> Collado, A (compiladora) El Corredor de la Costa. Conformación del paisaje y reconocimiento de sus recursos culturales. Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina. diciembre de 2011.

manifestaciones de los saberes del río que se encuentran en estos territorios. Como sitios de inspiración fueron y son faro de tendencias culturales nacionales que hacen honor a sus tradiciones vanguardistas forjadas en los años 60 por ilustres referentes como Fernando Birri (cine), Juan José Saer (literatura), Ricardo Supisiche (plástica), Horacio Guarani (canto) entre muchos otros<sup>43</sup>.

Como hipótesis interpretativas en clave de patrimonio cultural cada una de las localidades será definida por Bertuzzi (2011) como La Guardia, centro de producción de cerámica industrial y artesanal; Colastiné Sur y Colastiné Norte, puerto de ultramar; San José del Rincón, colonia de artistas; y Arroyo Leyes, centro de producción artesanal. Si bien Alto Verde y el Paraje La Boca no están en este primer esbozo, presentan potencial suficiente para ser incluidos en este relato<sup>44</sup>.

Un posible encadenamiento de localidades con espacios interpretativos del paisaje productivo insular podría eslabonar<sup>45:16</sup> Centro de producción agrícola y artesanal de Arroyo Leyes: Las tierras de pan llevar; Colonia de artistas en San José del Rincón: Los inspirados por el río; Eco museo de los puertos en Colastiné Norte y Sur: Cicatrices en las islas; Taller de producción de cerámica industrial y artesanal de La Guardia: Las formas del barro; y Museo a cielo abierto en el Paraje La Boca: : “Travesía por el Paraje la boca: allá donde la isla se hizo puerto”.

Los relatos de recorridos de viajeros como Darwin y Lina Beck Bernard llenan de sentido cultural al paisaje con relatos de “encantadoras islas” y la “isla de rincón”<sup>46</sup>

El paisaje cultural insular ha sido abordado por diversos estudios<sup>47</sup>. Collado señala que hay “una constante de todos los relatos es la idea de aislamiento al que los pobladores estaban sometidos; el trayecto por vía fluvial era muy lento... El trayecto por tierra era igualmente moroso y además cargado de incertidumbres por la permanente amenaza de una geografía hostil y... trabados trayectos” (Collado, 2011:16)

En otra descripción de las localidades en 1910 Collado recoge -entre los rasgos que en el texto enfatiza- la referencia a un paisaje siempre verde “grato a los ojos del viajero”, aún en los “sombrios períodos” de los grandes inundaciones, que resultan una amenaza constante para el progreso de la región.

Finalmente Collado habla de una visión paradójica y por momentos contradictoria: “el río, que tradicionalmente había significado comunicación, circulación, movimiento, pasaba a representar aislamiento; los nuevos pobladores, procedentes de las colonias más prosperas de esta provincia, se van convirtiendo con el tiempo en “escasamente industriales” y la conclusión más rápida es que “se acriollaron”.

Müller aborda “las distintas miradas que recrea el arte sobre el paisaje costero a través de la acción de los artistas, como modos de ver y representar, de percibir sensaciones y expresar emociones, pero también de producir imágenes que van construyendo una definición cultural de ese territorio, que se constituye como paisaje en la medida en que es observado y apreciado por alguien” (Collado, 2011). Se trata de pintores –especialmente acuarelistas-, escultores, escritores y músicos que han nutrido el imaginario “litoraleño” o “costero” con su importante obra. Supisiche, Matías Molinas,

---

<sup>43</sup> Plan Estratégico de Turismo Santa fe 2020. Recuperado de <http://www.santafeturismo.gov.ar/web/ciudad/plan-estrategico.php>

<sup>44</sup> Mines (2017)

<sup>45</sup> Mines (2016)

<sup>46</sup> Beck Bernard (2013)

<sup>47</sup> Mines (2016)

Pucinelli, Arancio, el Kiwi, Saer, Birri, Guaraní, entre otros inspiraron sus obras en estos territorios que hoy las evocan. Sobre el territorio transformado por el puerto... en estas islas donde la fauna enriqueció el majestuoso esplendor de sus serpenteantes arroyos... La isla Los Mellados conoció mucho antes de 1910 el agujijón que tremendamente le clavaron las dragas Santa Fe y Belgrano, mordiendo con fiereza la tierra islera, abriendo el canal de acceso, siendo depositado este material, vómitos de agua y fango a la vera de la brecha naciente que pronto estas máquinas infernales con su estrepitoso ruido, conformarían un albardón. La monotonía se había quebrado, la isla cuya placidez era su encanto, la interrumpió el estampido de los imponentes motores marinos. El pito de los barcos hizo revolotear a las desprevenidas aves, el crujir de las cadenas de las anclas, la clásica campana de abordaje, eran algunos de los ruidos salientes de aquellos poderosos de los mares. Había empezado una nueva era, para muchos la consolidación de su economía regional y el progreso de la Ciudad de Santa Fe.<sup>48</sup>

### 3.4. Sustentabilidad socio-económica:

Entre los objetivos de la MRI se propone diversificar y cualificar la oferta turística en relación a la diferenciación y singularidad de lo auténtico utilizando el cluster como “formula organizativa que da soporte institucional a la acción del marketing territorial” (Toppan, 2005) La marca MRI servirá para identificar, señalar y determinar el lugar turístico<sup>49</sup> y constituirá un elemento fundamental para el posicionamiento de destino (cómo se diferencia de otros destinos similares).

De esta manera la MRI sumará capacidades a las localidades que la integran, ya que, complementada con la Región turística del Corredor de la Costa (Ruta N°1), multiplicará las posibilidades de mercado con las aportaciones que la identidad micro insular agrega. A Santa Fe le agregará competitividad, permitiendo diversificar la oferta turística alineada con tendencias actuales de consumo turístico sustentable en relación al patrimonio natural y cultural.

### 3.5. Sustentabilidad social:

La cantidad de habitantes y el desarrollo de no más de 25km de toda el área permite recorridos que no van más de 2 horas y posibilitan de participación concreta de los habitantes tanto en reuniones, talleres o eventos festivos. Asimismo, el formato rotativo de los eventos propuestos, como la serie de talleres en los meses de mayo, junio y noviembre de 2014, actualmente el itinerarios de Paisajes insulares<sup>50</sup> permiten el contacto directo entre gobernantes, investigadores y ciudadanos, habilitando el encuentro y dialogo de saberes. Es justamente la incorporación de la Universidad del Litoral como aliado estratégico la que puede aportar un marco conceptual y metodológico para viabilizar el control, vigilancia y monitoreo de los factores claves que definen la sustentabilidad social en el presente y de cara al futuro al satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas, expresada en términos de: acceso equitativo a recursos y oportunidades de desarrollo, reparto justo de los costos y beneficios, equidad y la justicia social, la cohesión social.<sup>51</sup>

---

<sup>48</sup> Mi barriada de ayer, Ricardo N. Centurión (<http://www.altoverdecity.es.tl>)

<sup>49</sup> De la Fuente (2016)

<sup>50</sup> Paisajes insulares (2017-2018) Es una propuesta para promover el turismo como estrategia de desarrollo sustentable mostrando algunos de los **paisajes** de la microregión **insular** Santa Fe, San José del Rincón y Arroyo Leyes y visibilizando su patrimonio natural y cultural.<https://www.unl.edu.ar/extension/paisajes-insulares/>

<sup>51</sup> Capanegra (2006)

### 3.6. Sustentabilidad institucional:

En la primera reunión Universidad Gobiernos en junio 2015, de la que participan representantes de los 3 gobiernos locales, del gobierno provincial y de la UNL, se consensua el concepto de micro

región como ambiente/sistema proceso de interacciones múltiples y las premisas de política generales para el área. Estas definiciones fueron convalidadas con la firma de un acta acuerdo. La gobernanza territorial y social de la MRI se comienza a materializar en un dispositivo de gestión Mesa Técnico Política (MTP) integrada por gobiernos y UNL de funcionamiento mensual con reuniones rotativas que a la fecha cuentan 15 encuentros. Hasta el momento esta alianza estratégica entre localidades se visualizó en acciones públicas de turismo conjuntas, participación en capacitaciones, presentaciones conjuntas en ferias y congresos del sector, talleres y relevamientos. Los tres gobiernos han manifestado (hasta el momento por separado) que han adoptado al turismo sustentable como estrategia de desarrollo.

Sobre la estructura organizativa del proyecto se vienen evaluando algunos antecedentes a los que se suman los aportados en el curso: asociación ad hoc, cluster, consorcio, agencia, entre otras.

Entre las formas asociativas supramunicipales<sup>52</sup> (promovidas de arriba hacia abajo) el reciente proceso de constitución del Ente de Coordinación del Área Metropolitana Santa Fe (ECAM), se podría considerar una estructura a su interior, dado que entre sus atribuciones está: k) Constituir o integrar fideicomisos, consorcios o cualquier otra figura asociativa destinada a cumplir con su objeto.... Coordinar, planificar y gestionar en forma conjunta programas y proyectos de escala metropolitana.<sup>53</sup>

Más allá de esto, Cravacuore<sup>54</sup> identifica a la MRI entre las iniciativas metropolitanas mancomunales, es decir intermunicipales, surgidas de arriba hacia abajo. “Esta es la más reciente de las iniciativas intermunicipales del país, creada en junio de 2015 por las municipalidades de San José del Rincón y de Santa Fe y la comuna de Arroyo Leyes, con el apoyo técnico de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral y la Dirección de Turismo del Gobierno de la Provincia de Santa Fe. En su primera reunión se propuso la creación de un Foro de Turismo Sustentable micro-regional y la búsqueda conjunta de financiamiento”.

## 4. CONCLUSIONES

Las posibilidades de la MRI respecto de un desarrollo focalizado en el turismo sustentable se pueden medir en la actualidad en relación a una de las iniciativas desarrolladas en cooperación entre la UNL y la Municipalidad de Santa Fe. Se trata de Guardianes del río y los paseos náuticos de interpretación en la embarcación La Ribereña. Desde 2015 se viene desarrollando en forma sostenida este emprendimiento surgido de un proyecto de extensión de interés social que busca articular sustentabilidad ecológica-natural del cuidado y reconocimiento del patrimonio natural de las islas con la sustentabilidad social que implica incluir a jóvenes del barrio costero de Alto Verde en el proceso de reconocimiento y divulgación del mismo. La sustentabilidad económica es un objetivo a alcanzar dado que el emprendimiento está en su fase inicial. La sustentabilidad cultural es una de las fortalezas del producto, ya que se trata de incorporar la valoración de la cultura insular como base de la propuesta interpretativa. El uso de materiales como mapas refuerza la dimensión espacial y

---

52 Cravacuore (2016)

53 <http://www.esperanza.gov.ar/sitio/wp-content/uploads/2017/04/Estatuto-ECOM.pdf>

54 Cravacuore (2016)

el reconocimiento de las ventajas y desventajas de habitar en el valle de inundación del río Paraná.



Figura 2. Guardianes del río. Turismo náutico de interpretación. Foto: PEIS 2013 UNL Guardianes del río. Trabajo sustentable para jóvenes intérpretes del río e islas

Finalmente, el auspicioso avance de este entramado asociativo hace pensar en las posibilidades del enfoque y el acierto en la estrategia de desarrollo sustentable adoptada.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beck Bernard, L. (2013) *El río Paraná, cinco años en la republica argentina*. UNL y UNER.
- Bertuzzi, M.L (2008) *Ciudades del agua, En por arquitectos Producción Revista Origen Publicación del Colegio de Arquitectos D1, 02/10/2008, Año 2, N°23. Diario El Litoral, Santa Fe.*
- ----- (2011) *Paisaje, agua, historia y proyecto. Claves para pensar la Costa en COLLADO, Adriana (compiladora) 2011. El Corredor de la Costa. Conformación del paisaje y reconocimiento de sus recursos culturales. Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina. diciembre de 2011.*
- Boullón, R. (2006) *Planificación del espacio turístico. Trillas. México*
- Burkart, R, Bárbaro, N.O. Sanchez, R.O y Gomez D. A (1999) *Eco-regiones de la Argentina. Administración de Parques Nacionales, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. 42pp*
- Capanegra, C. (2006) *La política turística en la Argentina en el siglo XX. Aportes y Transferencias, Vol. 10, Núm. 1, sin mes, 2006, pp. 43-61. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina.*
- Cravacuore, D. (2016) *La intermunicipalidad metropolitana en Argentina, ponencia en el XXI Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Santiago, Chile, 8 - 11 nov. 2016*
- Collado, A (compiladora) (2011) *El Corredor de la Costa. Conformación del paisaje y reconocimiento de sus recursos culturales. Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina. diciembre de 2011.*  
Collado, A (compiladora) *El Corredor de la Costa. Conformación del paisaje y reconocimiento de sus recursos culturales. Ediciones UNL, Santa Fe, Argentina.*
- De la Fuente, G. (2015) *Destinos turísticos, marca y diseño de productos. Turismo y sostenibilidad. Fondo Verde. Editorial Ambiental. Perú.*
- -----(2015) *Turismo y desarrollo sostenible. Turismo y sostenibilidad. Fondo Verde. Editorial Ambiental. Perú.*
- Gallopín, G. (2004) *El modelo Mundial Latinoamericano (Modelo Bariloche): Tres décadas atrás en HERRERA, A, SCOLNICH, H., CHICHILNISKY, G, GALLOPÍN, G, HARDOY, J, MOSOVISH, D, OTEIZA, E, DE ROMERO BREST, G. SUAREZ, C., y TALAVERA, L. (2004) segunda edición*



- *¿Catástrofe o nueva sociedad? Modelo mundial latinoamericano. 30 años después.* Centro internacional de investigaciones para el desarrollo. IIED, Buenos Aires
- *García, D. Mines, P, Mihura, E. Sato, R. (2016) Secar el humedal: el proceso de degradación de las funciones y servicios ecosistémicos en la micro región insular de Santa Fe, Rincón y Leyes* Resumen aprobado en el II Congreso Latinoamericano sobre Conflictos Ambientales, 2016, San José, Costa Rica
- *Giraudó, A.R. (2008) Jaaukanigás y Ramsar: aspectos introductorios. Pp: 11-20. En: Giraudó, A.R. (ed). Sitio Ramsar Jaaukanigás: Biodiversidad, Aspectos Socioculturales y Conservación (Río Paraná, Santa Fe, Argentina). Climax N° 14, Asociación de Ciencias Naturales del Litoral, Comité Intersectorial de Manejo del Sitio Ramsar Jaaukanigás, Ramsar. 2008*
- *Mihura, E. (2008). Reflexiones y aportes para la sustentabilidad de procesos de gestión alternativa de la educación superior: estrategias para una educación para el desarrollo sustentable, Tesis de Maestría en Desarrollo Sustentable. FLACAM/UNLa*
- ----- (2011). *Reservas de biosfera en ambiente urbano. Ponencia III Congreso Iberoamericano de Extensión. Santa Fe*
- *Mines, P. Mihura, E. Imohf, A. (2017) El proceso de constitución de una empresa colectiva micro regional. Congreso Extensión. Santa Fe*
- *Mines, P (2016) El paisaje desde el agua. El turismo sustentable como estrategia de desarrollo de la Micro Región Insular Santa Fe, Rincón y Arroyo Leyes. Trabajo final Curso de Posgrado Patrimonio Cultural, Turismo y Paisaje: Estrategias sostenibles en destinos patrimoniales y proyectos culturales- turísticos. Fondo Verde.*
- *Mines, P y Goldsack, M.C. (2018) Módulo II: turismo y desarrollo sustentable. Curso de extensión a distancia Turismo Consciente. UNL Virtual.*
- *Pesci, R, Perez, J y Pesci, L. 2007. Proyectar la sustentabilidad 2: Enfoque y metodología de FLACAM, Editorial Fundación Cepa. La Plata, Argentina.*
- *Sachs, I (1981) Ecodesarrollo: concepto, aplicación, beneficios y riesgos", Agricultura y Sociedad, 189-32.*
- *Soiyet, M y García, V. (2011) Transformaciones metropolitanas; estudio comparativo de los modelos de urbanización en áreas metropolitanas de Rosario y de Santa Fe-Paraná. En Observatorio de Estudios Urbanos FADU UNL. Agosto 2011. Número 5. P. 8-20. 2011.*
- *Tarlombani da Silveira, M A (2005) Turismo y sustentabilidad: Entre el discurso y la acción. Estud. perspect. tur. [online]. 2005, vol.14, n.3*
- *UNESCO (2017) La cultura como elemento clave en la transición satisfactoria hacia los objetivos del desarrollo sostenible disponible en <https://es.unesco.org/news/cultura-como-elemento-clave-transicion-satisfactoria-objetivos-desarrollo-sostenible>*
- *UNTWO (2017) Resumen de documento de análisis sobre turismo sostenible para el desarrollo, disponible en <http://www.tourism4development2017.org/es/>*

# 4

## **Educación y transferencia tecnológica.**

## GAZEBO ECOEFICIENTE NA UNIVERSIDADE

*Germana Costa Rocha (grochaufpb@gmail.com); Giulan Antônio Rodrigues Vasconcelos (giulanvasconcelos@hotmail.com); Normando Perazzo Barbosa (nperazzob@yahoo.com.br); João Marcelo Dias Ferreira (ferreira@cear.ufpb.br)*

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura e Urbanismo (UFPB-DAU) - Brazil

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia de Materiais (UFPB-DEMAT) - Brazil

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia de Energias Renováveis (UFPB-DEER) - Brazil

**Palavras chave:** tectônica; bambu; projeto e construção; arquitetura ecoeficiente

*Na busca por materiais e recursos tecnológicos renováveis para a minimização do impacto ambiental causado pelas construções edilícias, o bambu tem se mostrado excelente opção pelas suas qualidades técnicas e ecoeficientes. Por se tratar de um material renovável, de baixo custo energético, ecologicamente correto e economicamente viável, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, o bambu possui grande potencial expressivo podendo enaltecer o caráter tectônico da arquitetura.*

*Neste sentido, o objetivo principal deste artigo é relatar uma experiência de projeto e execução de um gazebo inserido em campus universitário, em que se deu ênfase ao estudo e aplicação do bambu como matéria expressiva e recurso renovável da arquitetura para o alcance de ecoeficiência e tectonicidade. O projeto e execução do gazebo correspondem ao experimento prático da pesquisa em desenvolvimento Tectônica e Sustentabilidade na Arquitetura, e contou com a participação de alunos e professores do curso de arquitetura, de engenharia civil e engenharia de energias renováveis, em uma ação multidisciplinar.*

*O trabalho aqui exposto apresenta a análise sob a ótica tectônica de obra referencial em bambu realizada na pesquisa em um de seus eixos de investigação, em seguida tece considerações sobre abordagem tectônica e projeto integrado no ateliê de ensino/aprendizagem em escolas de arquitetura, para na sequência apresentar o projeto e execução do gazebo. Conclui-se que a pesquisa e o experimento prático, além de aprofundar o conhecimento sobre o uso do bambu na arquitetura, podem colaborar para o desenvolvimento de uma consciência construtiva e para estimular a concepção de obras arquitetônicas expressivas, mais ambientalmente responsivas.*

### 1. INTRODUÇÃO

Considerando o impacto ambiental causado pelas construções edilícias em nosso planeta, a busca por recursos materiais e tecnológicos que possam minimizá-lo tem sido objeto de estudo de pesquisadores no âmbito da arquitetura e engenharia, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Neste sentido, pesquisas recentes apontam para a importância do uso do bambu na construção por se tratar de um material renovável, de baixo custo energético, ecologicamente correto e economicamente viável, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Aliada a essas qualidades técnicas e ecoeficientes, a potencialidade expressiva do bambu pode enaltecer o caráter tectônico de obras arquitetônicas.

Na teoria contemporânea da arquitetura, tectônica se refere ao caráter quintessencial da arquitetura a partir do qual parte de sua expressividade é inseparável da maneira precisa de sua construção conforme define Frampton (2000). Parte-se da premissa da existência, em arquitetura, de um juízo estético inerente ao ato construtivo. Busca-se ressaltar que apesar

de inquestionável o lugar do estético e do simbólico para o alcance de significância dos espaços arquiteturais, o fazer arquitetônico é, também, procedente da cultura técnica e das condições materiais em tempos e lugares determinados (ROCHA, 2012).

Desse modo, levando em consideração esse diálogo indissociável que se estabelece na arquitetura entre materialidade e expressividade, de que modo ele pode ser alcançado sem perder de vista o desenvolvimento sustentável? Ou seja, como conciliar na arquitetura, a “poética da construção”- a tectônica - com a “poética da economia”, nesta sendo considerada não apenas a eficiência econômica, mas incluindo outros condicionantes da sustentabilidade, como a eficiência energética e a minimização do impacto ambiental através do uso de materiais e energias renováveis? Estas questões permeiam a pesquisa em desenvolvimento Tectônica e Sustentabilidade na Arquitetura, realizada a partir de dois eixos de investigação: E1-Tectônica enquanto categoria analítica e E2- Por uma abordagem tectônica e sustentável na projeção arquitetônica.

Este artigo se propõe a relatar uma experiência de projeto e execução de um gazebo inserido em campus universitário, como resultado prático do Eixo E-2 da referida pesquisa, em que se deu ênfase ao estudo e aplicação do bambu como matéria expressiva e recurso renovável para o alcance de ecoeficiência e tectonicidade na arquitetura. A meta principal do experimento consistiu em conceber e construir pequeno gazebo com estrutura de bambu, a fim de adquirir conhecimento prático e consolidar aqueles adquiridos na investigação da literatura realizada no Eixo E-1 da pesquisa, em particular, as análises realizadas sobre obras arquitetônicas referenciais construídas com bambu.

## 2. TECTÔNICA ENQUANTO CATEGORIA ANALÍTICA DA ARQUITETURA

Embora a arquitetura permita as mais variadas abordagens teóricas, há uma linha de pensamento que alimenta as reflexões sobre os nexos indissociáveis entre expressividade e materialidade do invólucro do espaço arquitetural, entendido como a sua dimensão ou caráter tectônico. O uso do termo no âmbito da arquitetura se origina na teoria moderna da arquitetura em sua abordagem racionalista e estrutural do século XIX, em particular a alemã, entretanto, a tectônica como categoria de análise da arquitetura é incrementada na teoria contemporânea no início do século XXI a partir da contribuição de Kenneth Frampton, principalmente, após a publicação de sua obra “*Studies in a tectonic culture*”, ainda em 1995.

A atenção às interações entre os aspectos estéticos e materiais da arquitetura permite a compreensão de que a sua dimensão artística não se dissocia das técnicas e materiais que a concretizam. A tectônica, enquanto síntese dessas interações essenciais à arquitetura, não prescinde de um fator extrínseco igualmente determinante de sua origem: o lugar, enquanto ambiente físico, cultural e econômico.

Assim, considerando a busca por materiais e recursos tecnológicos renováveis para a minimização do impacto ambiental causado pelas construções edilícias, importa conhecer os nexos entre as potencialidades expressivas desses materiais e as técnicas utilizadas em sua aplicação na arquitetura, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Neste sentido, esse eixo da pesquisa (E-1) investiga como arquitetos têm explorado o caráter tectônico da arquitetura a partir da utilização materiais e recursos renováveis como tijolo de terra crua, gesso, o bambu, energia solar, aproveitamento de águas de chuvas entre outros. A experiência ora relatada ressalta o uso do bambu como elemento da estrutura resistente e de vedação.

Dentre as obras arquitetônicas construídas com bambu e analisadas sob a ótica da tectônica, um exemplo interessante é o restaurante Bamboo Wing de autoria do escritório de arquitetura vietnamita Vo Trong Nghia Architects construído no ano de 2010, na cidade

de Hanói capital do Vietnã (Figura 1). A proposta arquitetônica, de cunho sustentável e ecológico teve como algumas de suas diretrizes, valorizar a cultura técnica do lugar, utilizando a mão de obra e a matéria prima local como a pedra e o bambu. Este foi utilizado pelos arquitetos primordialmente como elemento estrutural.

Na relação estrutura resistente/estrutura formal arquitetônica do salão principal do restaurante Bamboo Wing<sup>55</sup>, considerando a classificação de Macdonald (2001), podemos dizer que trata-se de um exemplo de “structure as architecture”, uma vez que o elemento utilizado para criar a estrutura resistente, no caso o bambu, é o mesmo que gera sua estrutura formal. A concepção da estrutura resistente tem como elemento principal de suporte das cargas duas treliças arqueadas que se cruzam e formam um apoio único, com extremidades em balanço, alcançando de 12 metros de extensão. Esse elemento treliçado em forma de asas de pássaro, conforme argumenta os autores do projeto arquitetônico, é composto por feixes de bambu, ora encaixados ora amarrados e parafusados, sendo repetido ritmicamente numa distribuição radial para compor a forma semicircular do salão.

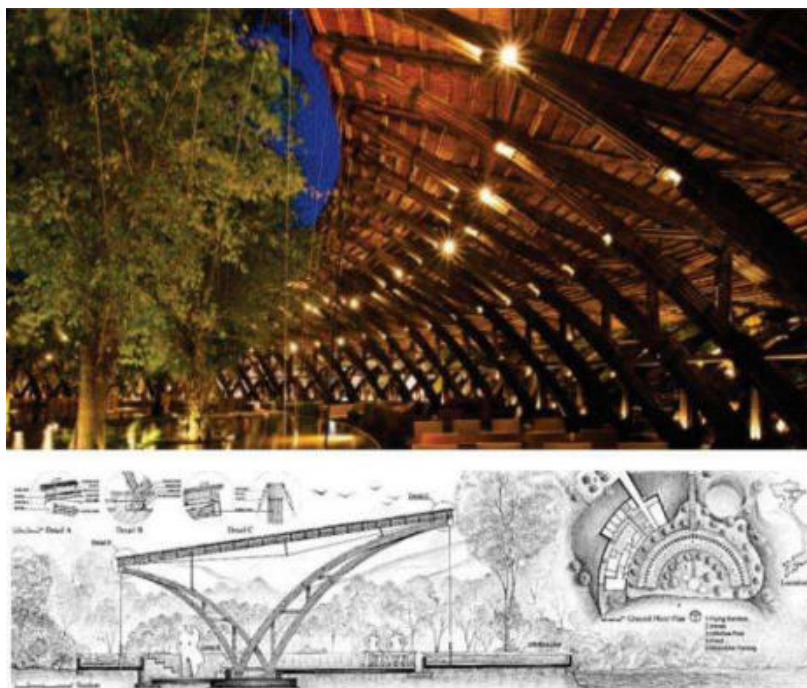


Figura 1. Restaurante Bamboo Wing, Hanói, Vietnã, Vo Trong Nghia Architects (2010)

Fonte: Disponível em <http://www.archdaily.com/219880/bamboo-wing-vo-trong-nghia> Acesso em: 28/04/2017, às 23:09h.

Além do bambu, o aço aparece na estrutura resistente através dos cabos utilizados nas extremidades das treliças arqueadas como elemento de contraventamento, assim como, nas vigas vagon utilizadas na estrutura da cobertura. O concreto armado é utilizado apenas no embasamento, apoiando a estrutura principal em bambu.

Tanto nesta como nas demais obras analisadas pelo grupo, observa-se que, de um modo geral, ao optar-se pelo uso do bambu como matéria da arquitetura, a forte expressividade desse material aliado ao seu excelente desempenho mecânico e estrutural, o coloca na posição de protagonista da cena arquitetônica.

<sup>55</sup> Obra estudada por uma das pesquisadoras do grupo, a aluna Giovana Soares (2016).



### 3. POR UMA ABORDAGEM TECTÔNICA E SUSTENTÁVEL NA PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA

O eixo de investigação E-2 – Por uma abordagem tectônica e sustentável na projeção arquitetônica - tem como objetivo estudar a pertinência e desenvolvimento de uma cultura tectônica no âmbito da aprendizagem do projeto de arquitetura, dando suporte à apreensão da potencialidade da poética construtiva para a concepção arquitetônica, uma vez que a materialização da arquitetura é intrínseca à atividade do arquiteto.

Aliado ao desenvolvimento de uma consciência construtiva na ação projetual, objetiva-se introduzir os princípios da sustentabilidade nesse processo tendo em vista a inserção do projeto arquitetônico em um contexto eco-responsável, buscando respostas às questões sociais, ambientais e econômicas, considerando os recursos limitados do nosso planeta. Nessa linha de pesquisa são desenvolvidos projetos de arquitetura considerando materiais e energias renováveis (bambu, tijolo de terra crua, gesso, módulos fotovoltaicos, etc.) com vistas à execução de obras arquitetônicas mais ambientalmente responsivas, contudo, sem abrir mão de sua dimensão artística.

Projeto, execução e uso de uma construção, tanto na escala do edifício como do urbano, estão intimamente relacionados, cabendo aos projetistas, em particular os arquitetos e urbanistas, a responsabilidade das suas decisões no processo conceutivo, quando se incorpora, ou não, estratégias passivas e ecológicas com vistas à sustentabilidade. Como argumenta Jourda (2009), já existem muitos exemplos de construções de baixo impacto ecológico para o nosso planeta, uma vez que já se têm meios e soluções técnicas para isso. Uma cultura de projeto e ensino de projeto com vistas a preparar os estudantes, futuros projetistas, para responderem às questões ambientais, econômicas e sociais, vem emergindo, contudo, “fazer” e ensinar “como fazer”, constitui, ainda, uma necessidade. E o lugar em que esse processo deve ocorrer, como argumenta Kwok (2013,p.11), “...é *no ateliê da escola de arquitetura, onde os alunos podem aprender, desenvolver habilidades, testar soluções...*”.

Tendo em conta o caráter multifacetado do projeto, ele é simultaneamente técnico, programático, cultural, formal, e a ênfase em um ou outro aspecto é dada, geralmente, na definição do partido e afeta o resultado expressivo da arquitetura (KWOK, 2013). Assim, a decisão pelo foco no projeto ecológico e ecoeficiente deve ser tomada nas fases iniciais do processo projetual, uma vez que essa decisão tem repercussão na escolha do lugar, na orientação e forma da edificação, na sua inserção no lote. Dentre essas questões que compõem o conjunto buscado quando se deseja um bom desempenho ambiental, ressalta-se nesta pesquisa a necessidade também da escolha dos materiais e recursos renováveis, nesse momento dos estudos preliminares da projeção arquitetônica, e a importância de integrar as tecnologias usadas, o que leva ao projeto integrado.

*O projeto integrado é um processo que implica as habilidades e os conhecimentos de diferentes disciplinas, bem como as interações de diferentes sistemas de edificação para produzir, com sinergia, uma edificação melhor, mais eficiente e mais responsável (...). Conhecimentos abundantes devem ser filtrados, retirando-se da mistura os princípios mais relevantes e aplicáveis.* (KWOK, 2013, p. 18).

Contudo, aplicar uma prática de projeto integrado no ateliê da escola de arquitetura, ou mesmo de engenharia, não tem sido uma constante, sendo mais raro ainda, realizar a construção do objeto concebido, por razões óbvias. Considerando a importância de pesquisar sobre recursos e tecnologias renováveis em projeção integrada e seus resultados em exemplo prático, decidiu-se conceber e executar pequeno gazebo utilizando o bambu e o aproveitamento da energia solar como matéria e recurso renovável, de modo integrado desde a concepção à execução.

### 3.1. Projeto do Gazebo

Partindo da necessidade de fazer uma pequena obra no próprio campus universitário para se estudar a execução de uma estrutura em bambu, decidiu-se então aliar essa necessidade a algo que tivesse utilidade para os estudantes. Sendo assim, optou-se por fazer um pequeno gazebo e implantá-lo num pátio externo em frente a biblioteca setorial do Centro de Tecnologia (CT), em que os estudantes pudessem ler ou realizar alguma atividade de lazer, descansar, ouvir música, etc., em contato ao ambiente natural.

Adotou-se como diretrizes projetuais explorar a potencialidade expressiva do bambu como estrutura resistente e conceber um espaço aberto possuindo como fechamento apenas o plano da cobertura para proteção contra a forte insolação. Uma limitação que se impôs ao partido adotado foram as dimensões dos bambus disponíveis para a experiência, cujos comprimentos variavam de 3,0 a 3,60m apenas<sup>56</sup>.

Outra premissa importante para o partido arquitetônico foi a escolha dos tipos de conexões tanto entre os colmos de bambus como aquelas que conectariam estes à fundação. Assim como a madeira, o bambu é um material que não deve ser aplicado diretamente no solo natural, devendo ser protegido de umidade e ataques de microrganismos, permitindo o prolongamento de sua vida útil. Recomenda-se para isso o uso de outros materiais para as fundações como a pedra, o concreto armado, o metal entre outros.

Assim, foram adotados como princípio estrutural pilares duplos dispostos em formato V, conectados entre si por pequenos colmos de bambu (cada par de pilares) intercaladas e distribuídos por sua extensão, para aumentar sua resistência, evitar a flambagem, garantir o equilíbrio da estrutura e receber a viga de alma cheia de bambu, para travamento da estrutura nas laterais e suporte das cargas da cobertura.

Desse modo, oito colmos de bambus compõem os dois pilares em V, formato este que necessita apenas de dois pontos de apoio ao solo. Esses apoios, as fundações na verdade, foram propostas com o objetivo de proteger a estrutura de bambu elevando-a do solo natural, sendo constituídas de concreto armado (Figura 2).

Foi proposta ainda, uma conexão metálica para ligar os colmos de bambu à fundação de concreto e aumentar o desempenho mecânico dos mesmos, uma vez os tubos metálicos penetram em seu interior em 30,0 cm. Essa conexão metálica é constituída de tubos de 2" soldados à chapas de ferro galvanizado fixadas à fundação de concreto por chumbadores de 8mm de diâmetro e 35cm de comprimento. O uso de peças metálicas para fazer as junções das varas de bambu ajuda a compensar a variabilidade das peças de bambu, permitindo um maior nível de precisão e facilidade na montagem.

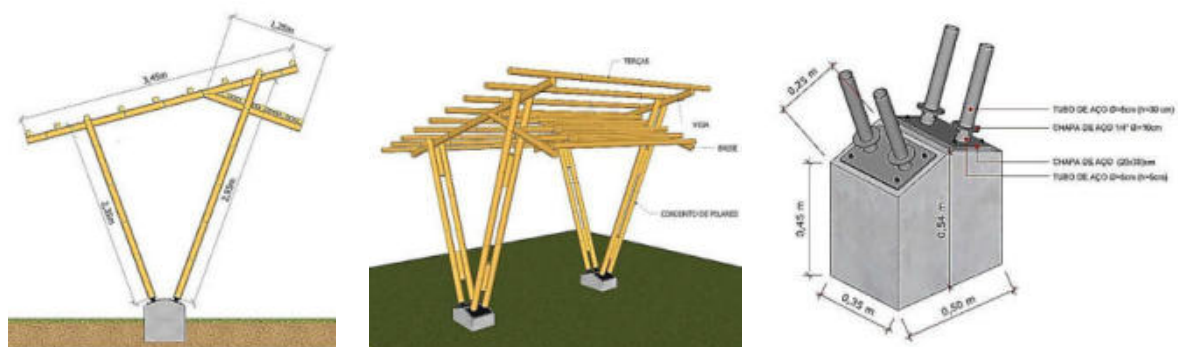


Figura 2. Proposta da estrutura do gazebo e detalhe da fundação

<sup>56</sup> Os bambus utilizados nos pilares, vigas e terças do gazebo foram os da espécie *Phyllostachys edulis*, conhecido popularmente como mossô.

Vale ressaltar que todas as decisões projetuais foram tomadas de modo integrado entre alunos e professores das três áreas de conhecimento acima citadas. Desse modo, os alunos puderam experimentar num exercício prático/investigativo, e na própria academia, a aplicação de projeto integrado fundado nos conceitos de tectônica e ecoeficiência, com vistas à sustentabilidade. O mais interessante estava por vir, a materialização do objeto concebido – a execução da obra.

### 3.2. A construção do Gazebo

Como se sabe, o bambu necessita de tratamento prévio antes de seu uso, tanto para construção de edificações como para execução de mobiliários, artesanato ou objetos industrializados. Tal tratamento visa diminuir a concentração do amido existentes no seu interior, tornando o bambu mais resistente aos ataques de organismos xilófagos, insetos que se alimentam da madeira, que comprometem suas características físico-mecânicas, além de prolongar sua vida útil. Para a construção do gazebo, este foi o primeiro passo, considerando que alguns bambus adquiridos não haviam sido tratados.

Optando-se pela eficiência dos procedimentos de preservação química, o método utilizado para a proteção dos colmos do gazebo foi o tratamento químico por imersão em sais de boro, que consiste na imersão dos bambus em uma solução de 2% de ácido bórico, 2% de bórax e 96% de água<sup>57</sup>. Os bambus ficam imersos por sete dias, em seguida são retirados e postos para secar a sombra até atingir o índice de umidade desejado.

Após o tratamento e secagem, iniciamos a seleção dos colmos a serem usadas na construção a fim de descartar as peças defeituosas, com empenos e rachaduras que pudessem comprometer a construção. Esse processo de seleção consistiu também em definir a função estrutural de cada colmo, escolhendo e identificando as que ficariam juntas, lado a lado (no caso dos pilares) por similaridade de diâmetros. Após esta seleção, iniciaram-se os corte dos colmos ajustando-os às dimensões contidas no projeto.

Com as peças selecionadas e cortadas, partiu-se para ao processo de acabamento das mesmas, sendo este dividido em dois momentos: o primeiro consistiu no processo de lixamento das peças, que tem como finalidade retirar pequenas imperfeições existentes no bambu, corrigir falhas oriundas do corte das peças e retirar substâncias que ficam impregnadas nas paredes dos bambus, sobretudo nos nós. A segunda etapa consistiu na aplicação de um fundo preparador para madeiras, que tem como função penetrar nas fibras da madeira (em nosso caso do bambu) para auxiliar e ampliar a fixação do produto a ser aplicado para a proteção final da peça. Para isso foi utilizado o verniz extra-marítimo que tem como característica aumentar a resistência do bambu às intempéries (Figura 3).

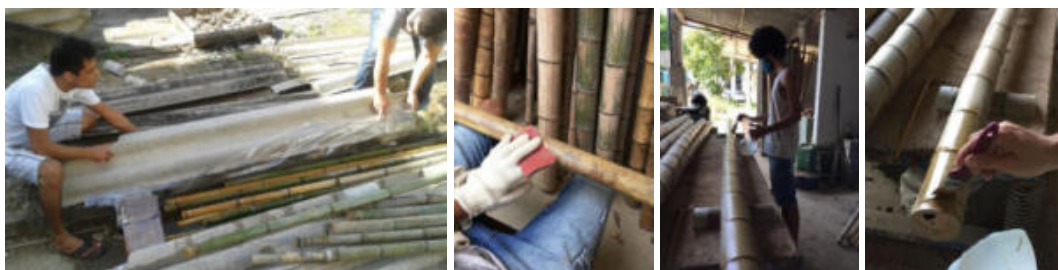


Figura 3. Tratamento químico, lixamento e aplicação do fundo preparador no bambu.

Enquanto se aguardava o processo de cura das fundações de concreto armado, iniciou-se o processo de montagem da estrutura, também realizado em dois momentos. O primeiro consistiu numa pré-montagem dos pilares, e o segundo, na montagem da estrutura in loco.

<sup>57</sup> Sobre os métodos de preservação do bambu, tradicionais e químicos, ver PEREIRA & BERALDO 2016.

A pré-montagem dos pilares consistiu em encaixar as conexões metálicas da base nos colmos de bambus, introduzindo os tubos circulares metálicos no interior dos bambus fixando cada tubo a estes através de barras roscadas de 08 mm de diâmetro. Nessa etapa de pré-montagem dos pilares também foram instaladas as fiações elétricas por dentro dos bambus atribuindo aos pilares, além do suporte das cargas, função de eletrodutos. Ainda nessa fase, foram fixados os bambus que ligavam os pilares em pares.

Em seguida, partiu-se para a montagem da estrutura do Gazebo in loco, iniciando com a fixação dos pilares nas fundações, o que se deu através do encaixe da chapa metálica aos chumbadores concretados nas fundações. O passo seguinte foi a instalação das vigas, que foram fixadas através de encaixe entre os pilares e transpassadas por uma barra roscada de 8mm, e em seguida a instalação das terças, que foram fixadas às vigas através de barras roscadas de 6mm (Figura 4).



Figura 4. Pré-montagem dos elementos estruturais do Gazebo e montagem in loco.

Para a cobertura do gazebo, constituída de apenas uma água, optamos por utilizar as telhas ecológicas condizentes à proposta de uma construção ecoeficiente, mas também em função de suas dimensões – 2,00 x 0,95m – o que permite uma estrutura de telhado composta apenas por ripas e a utilização de poucas unidades por área, promovendo, assim, menores esforços à estrutura e maior leveza ao todo arquitetônico. Sobre as terças foram instaladas as telhas ecológicas fixadas com pregos roscados, disponibilizados pela própria fabricante das telhas e reforçados com a instalação de hastes de alumínio.

A fim de proteger sua fachada norte da insolação, decidimos fazer uso de um brise composto por bambus de menores diâmetros dispostos horizontalmente e conectados por barras roscadas e porcas entre os mesmos, aumentando assim a área sombreada para uma maior sensação de bem-estar dos futuros usuários, elemento este que conferiu maior expressividade à proposta arquitetônica. (Figura 05).



Figura 5. Processo de montagem e instalação do brise.

Para permitir o uso do gazebo pelos alunos dos cursos noturnos e o carregamento de celulares e notebooks, foram implantadas tomadas USB e lâmpadas tipo led fazendo uso de energia solar, a partir de módulos fotovoltaicos uma vez que os sistemas fotovoltaicos têm sido responsáveis pela maior parcela de utilização das fontes renováveis por meio da conversão direta de energia solar em energia elétrica. Assim, uma ação integrada de



investigação, projeto e execução, pode ser realizada reunindo professores e alunos dos cursos de arquitetura e urbanismo, engenharia civil e engenharia de recursos renováveis, em caráter multidisciplinar.



Figura 6. Instalação do modulo fotovoltaico

A adoção de tal sistema gerou dois desafios, solucionados a partir de discussões entre membros da equipe do projeto integrado. O primeiro desafio era proteger os equipamentos necessários à essa conversão – o inversor e uma bateria para o armazenamento da carga elétrica - bem como o próprio módulo fotovoltaico de certo vandalismo existente em instituições públicas em nosso país, em particular na nossa cidade, o que foi resolvido a partir da instalação da bateria e do inversor em caixa de passagem enterrada no solo natural (Figura 7). O segundo desafio, este de ordem estética, foi como conseguir uma maneira de ligar os pontos elétricos – luminárias e tomadas USB - sem que as fiações ficassem aparentes. Resolveu-se, então, tirar proveito das próprias características do bambu para resolver esse desafio. Ou seja, aproveitando que o bambu é uma peça oca, optamos por passar todas as fiações por dentro dos pilares de bambu, de forma que os mesmos adquiriram, também, a função de eletrodutos.



Figura 7. Instalação da bateria e controlador de carga e detalhe das instalações elétricas



Figura 8 – O Gazebo Ecoeficiente concluído.



Apesar da importância socioambiental e econômica do bambu, e suas qualidades mecânicas e estéticas, a ausência de tradição no seu emprego como matéria-prima, no Brasil, aliado à falta de conhecimento e tecnologias têm limitado a atividade econômica relacionada ao bambu, e em particular, sua aplicação na construção civil e na arquitetura. Frente a essa realidade o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) vem promovendo várias ações voltadas à produção do conhecimento sobre as espécies de bambu e suas aplicações (DRUMOND & WIEDMAN, 2017).

Desse modo, embora o grande número de pesquisas que vêm sendo realizado em algumas universidades brasileiras, o conhecimento sobre as potencialidades expressivas e ecoeficientes do bambu, aliado aos procedimentos técnicos para dar suporte à concepção de obras arquitetônicas que utilizem esse material, necessita ser mais desenvolvido no meio acadêmico, tanto por alunos da graduação como da pós-graduação, para posterior divulgação na sociedade, colaborando na ruptura de paradigmas da construção civil para a adoção desse material no nosso país.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A prática experimental na idealização e manufatura de pequenas obras, mesmo de protótipos ou instalações em escala real tem se mostrado uma ferramenta importante na prática pedagógica da arquitetura, principalmente em disciplinas da área de tecnologia e projeto. Entretanto, essa prática vem sendo pouco explorada pelos professores dessas disciplinas - em particular no CT de nosso campus. Isso decorre da decomposição de fundamentos, dentre eles a fragmentação da tríade vitruviana, forma-técnica-função, princípios inseparáveis em toda obra arquitetônica.

Essa fragmentação implica, entre outras questões, na separação entre projeto e tecnologia, entre estrutura formal arquitetônica e estrutura resistente, por fim entre a arquitetura e suas determinações construtivas. Considerando o caráter da tecnologia na prática e formação do arquiteto em sua teoria do projeto Hélio Pinõn (2006) ressalta que:

*A construção é a condição da arquitetura e a tectonicidade um valor inequívoco dos seus produtos (...) a atenção à construção é uma condição básica do conceber (...) não há concepção sem técnica, nem projeto sem matéria* (PINÓN, 2006, p.126)

Na abordagem tectônica adotada, conceber a forma a partir das interações entre a ordem estética e a ordem técnica, e materializá-la em escala real, possibilitando o processo integrado da concepção à materialização do objeto e a interação do sujeito, simula-se no ambiente acadêmico um ciclo mais aproximado à conjugação do ofício e do saber do arquiteto. Possibilita, ainda, ao estudante verificar o comportamento estrutural estudado, aproximando teoria e prática no ensino de estruturas e projeto, além de desenvolver a percepção, apreensão e vivência na espacialização da arquitetura, considerada a categoria arquitetônica essencial ao ato de projetar.

Acrescentando a essa apreensão da dialogia existente entre arquitetura e suas determinações construtivas a consideração aos princípios da sustentabilidade, como a ecoeficiência, permite o desenvolvimento de uma consciência construtiva sem abrir mão das qualidades da manifestação artística, inerente à arquitetura, mas numa postura projetual com responsabilidade ambiental. O projeto integrado e a ação conjunta entre professores e alunos de três áreas específicas do conhecimento (arquitetura, engenharia civil e engenharia de energias renováveis) mostraram-se determinantes para a abordagem tectônica e sustentável adotada.

A experiência prática de projetar e construir com bambu, mostrou sua potencialidade expressiva e de resistência mecânica como elemento estrutural para a arquitetura e construção. Mas, revelou a necessidade do estudo mais aprofundado de suas conexões,

ligações e comportamento do bambu – de suas espécies – perante o clima local. Tal estudo é fundamental para a continuidade da pesquisa, pois, possibilita o desenvolvimento de técnicas construtivas mais racionais e de fácil execução.

Apesar das pesquisas e experiências sobre construções com bambu terem sido incrementadas nos últimos, a cultura técnica desse material ainda não é uma realidade no Brasil. Este fato, acrescido da inexistência da cadeia produtiva que apoie a adoção de sistemas construtivos do bambu na região onde está sendo realizada nossa pesquisa, e à inexistência de normas técnicas referentes a essa gramínea como material de construção e estrutura e para a aprovação de projetos, constitui alguns dos desafios que estão sendo enfrentados. Com a aprovação da norma que transita pela ABNT hoje, acredita-se que esse cenário mudará radicalmente, viabilizando e facilitando a construção com bambu em contextos urbanos brasileiros – mesmo no meio rural - e, conseqüentemente, aumentando a adesão de arquitetos e engenheiros, da população de um modo geral.

O mesmo pode-se dizer com relação ao estudo e utilização de outros recursos renováveis na arquitetura, urbanismo e construção, como o uso de energia solar por meio dos sistemas fotovoltaicos, o aproveitamento de águas de chuva e reaproveitamento de águas cinza, entre outros, que precisam ser melhores investigados cientificamente, para gerar maior conhecimento e adesão ao seu uso, com vistas à sustentabilidade, e considerando a finitude do nosso planeta.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DRUMOND, Patrícia Maria; WIEDMAN, Guilherme (ORG.). *Bambus no Brasil – da biologia à tecnologia*. 1.ed.-Rio de Janeiro: ICH, 2017.
- FRAMPTON, K. *Seven points for the millennium: an untimely manifesto*. In: *The Journal of Architecture*, vol. 5, no 1, Printemps 2000, p. 21-33.
- \_\_\_\_\_, K. *Studies in tectonic culture*. 2ed. Massachusetts: Mit Press, 1995.
- JOURDA, Françoise-Hélène. *Pequeno Manual do Projeto Sustentável*. Barcelona, Espanha. Editora Gustavo Gili, SL. 2012.
- KWOK, Alison G. *Manual de Arquitetura Ecológica*. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. – 2d. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- MACDONALD, A. J. *Structure and Architecture*. Departament of Architecture, University of Edinburgh. Second Edition. Architectural Press, 2001.
- PEREIRA, Marcos A. R.; BERALDO, Antonio L. *Bambu de corpo e alma*. Bauru, São Paulo: Canal6, 2016.
- PIÑÓN, H. *Teoria do Projeto*. Traduzido por Edson Mahfuz. – Porto Alegre: Livraria do Arquiteto, 2006.
- ROCHA, G.C (2012). *O Caráter Tectônico do Moderno Brasileiro: Bernardes e Campello na Paraíba (1970-1980)*. Tese Doutoral (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo – PPGAU/UFRN.

## DISEÑO DE ARQUITECTURA CON TIERRA

Alejandro Ferreiro ([bibliorato@gmail.com](mailto:bibliorato@gmail.com)); Helena Gallardo ([gallardo.helena@gmail.com](mailto:gallardo.helena@gmail.com));  
Javier Márquez ([javiermarquez.arq@gmail.com](mailto:javiermarquez.arq@gmail.com))

Universidad de la República, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (UDELAR-FADU) - Uruguay

**Palabras claves:** Tierra, Enseñanza, Construcción, Diseño

*Desde el año 2013 a la fecha, se dicta en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU) el curso extracurricular "DAT\_Diseño de Arquitectura con Tierra" correspondiente al área tecnológica y dirigido a estudiantes avanzados de arquitectura, arquitectos y a interesados que no pertenecen formalmente a los ámbitos universitarios. Por lo anterior, se desprende el interés del grupo docente -formado por miembros de la Red Iberoamericana PROTERRA e integrantes de la Cátedra UNESCO Arquitecturas de Tierra en representación de FADU- sobre la formación en distintas escalas: aquellos que diseñan arquitectura con tierra así como quien la construye y/o la habita.*

*Los objetivos de este artículo son:*

*explicar la manera en que un curso extracurricular encuentra espacios para su inserción, desarrollo y consolidación dentro de un ámbito universitario latinoamericano, promoviendo lazos académicos con docentes regionales y con proyectos de extensión universitaria local comprender la innovación, racionalidad y pertinencia plasmadas en trabajos finales del Curso en relación a los temas abordados.*

*Se destaca la búsqueda en este Curso de una materialidad nueva con tierra, vinculada con tecnologías contemporáneas de otros materiales, evitando reproducir una concepción estética histórica y tradicional asociada a este material. La reflexión es entonces sobre cómo las estrategias de diseño inciden formalmente en una construcción con tierra, no como consecuencia fortuita sino como resultado de un proceso y búsqueda específica.*

*Este proceso desarrollado desde hace cinco años implica un aporte relevante en el contexto arquitectónico actual del Uruguay, en función de la cantidad de personas alcanzadas y lo evaluado por las mismas, sobre la forma de ver y entender el uso de la tierra como un material de construcción, pertinente y apropiado al presente y al futuro.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Del año 2013 al 2016 inclusive, el Curso "Diseño de Arquitectura con la Tierra" se ofreció como una opción extracurricular para estudiantes de tercer año de arquitectura en la FADU. En los años 2016, 2017 y 2018 fue adaptado para dos grupos diferentes: uno para arquitectos graduados y otro para personas que no tuvieran vínculo con la educación universitaria, como constructores; y también para personas con vínculo al diseño, referidas éstas exclusivamente con la Licenciatura de Paisaje de la Universidad.

Estas modalidades se dictaron en la FADU (Montevideo) y en el Centro Universitario Regional Este (CURE\_Maldonado), ambas insertadas en un programa educativo llamado Educación Permanente, de la Universidad de la República

El programa pedagógico y las actividades desarrolladas durante el Curso se basan en dictados similares de otras escuelas de arquitectura sudamericanas, específicamente el Curso "Arquitectura con tierra" de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Universidad Nacional de Tucumán, Argentina) y el Seminario I "Arquitectura con Tierra" de la Facultad de Arquitectura (Pontificia Universidad Católica, Perú) a través de los contactos generados en la Red PROTERRA. Se tuvieron en cuenta otras experiencias educativas regionales, así

como cursos de arquitectura con tierra en la Facultad de Arquitectura y Diseño en Bogotá (Pontificia Universidad Javeriana, Colombia) y cursos en la Facultad de Arquitectura en Santiago (Universidad de Chile).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos generales del Curso**

2.1.1 promover la tecnología de construcción con tierra y su aplicación en el diseño arquitectónico

2.1.2 desarrollar su materialización en programas arquitectónicos

2.1.3 informar sobre los últimos avances en la materia a nivel nacional, regional e internacional

### **2.2. Objetivos específicos del Curso**

2.2.1 capacitar a los estudiantes en el uso de la tecnología de construcción con tierra como una opción válida, conociendo sus ventajas y desventajas, así como sus aspectos técnicos para una aplicación adecuada en el sitio

2.2.2 proporcionar a los estudiantes el conocimiento para desarrollar proyectos de construcción con tierra de acuerdo con las estrategias de diseño contemporáneo y la introducción de conceptos sostenibles

2.2.3 promover el intercambio con otras experiencias educativas de tierra de la región y el mundo.

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1\_ contenidos del Curso**

#### **3.1.1 Módulo: La tierra como material de construcción**

Permite a los estudiantes tomar una postura con respecto al problema y reconocerlo a través de pruebas de campo y pruebas de laboratorio, así como el origen, composición y propiedades de los suelos y las formas en que es posible estabilizarlo.

#### **3.1.2 Módulo: Sistemas y técnicas de construcción**

Propone clasificar los diferentes sistemas de construcción y sus respectivas técnicas, que se pueden utilizar según el tipo de suelo y el entorno en el que se desarrolla el proyecto.

#### **3.1.3 Módulo: Diseño arquitectónico:**

Busca incorporar el pensamiento de diseño arquitectónico conjuntamente con el diseño tecnológico, vinculando aspectos técnicos con aspectos culturales que pueden generar una arquitectura ajustada a la tecnología y a las culturas, conociendo su potencial y limitaciones.

### **3.2. desarrollo**

El Curso se compone de un promedio entre ocho y 14 clases, dependiendo si el Curso es de grado o para técnicos y público en general. En cualquiera de los casos, el Curso se compone mayoritariamente por clases teórico\_magistral, intercaladas con visitas al laboratorio de la facultad, ejercicios prácticos de reconocimiento de suelos y una jornada de visita a obra. En el caso del Curso de grado, se le propondrá al estudiante la realización de un ejercicio de diseño, con alcance de anteproyecto, en el que desarrolle alguna de las técnicas aprendidas y en el caso del Curso en el que participan exclusivamente arquitectos se les propone de manera opcional el desarrollo de una tipología de vivienda de carácter

social, poniendo en práctica alguna de las técnicas vistas en el Curso. En esta propuesta también se exige una definición de anteproyecto en los trabajos a entregar.

3.2.1 El dictado teórico\_magistral de los temas se alterna con pequeños ejercicios a desarrollar en duplas o tríos que permitan reflexionar con el tema recientemente tratado y sirvan de insumo para el ejercicio de diseño final. A modo de ejemplo, una vez dictado el tema Selección de Suelos, los estudiantes trabajarán en diagramas de clasificación de suelos para evaluar qué sistemas de construcción podrían ser adecuados para su uso. Las conclusiones se evalúan oralmente para generar una instancia de reflexión colectiva. De esta manera, los estudiantes adquieren ciertas habilidades que se tendrán en cuenta a lo largo del curso. (Figura 1)



**Figura 1.** clase teórica

3.2.2 La visita al laboratorio, el ejercicio de reconocimiento de suelos y la realización del Test Carazas, constituyen las instancias prácticas en las que se verifica los conceptos teóricos volcados en las clases.

### **3.2.3 Laboratorio de la Facultad de Arquitectura**

Se concurre en una única instancia y se recibe una introducción teórica por parte de docentes del mismo con relación al significado de la exposición a ensayos de los diferentes materiales, piezas o sistemas constructivos; alcance a esperar de los resultados, condiciones en que se debe ensayar los materiales, características de los equipos, etc. En esta visita se observa el rigor científico al que se somete a los materiales y se contrasta con las pruebas de campo que se deben realizar al pie de obra. Se observa equipamiento y se practican ensayos de granulometría en seco a través de diferentes tamices, la obtención del límite Atterberg, ensayos a la compresión de mampuestos, etc. (Figura 2)



**figura 2.** práctica en el laboratorio



### 3.2.4 *reconocimiento de suelos*

Esta es la primer instancia de contacto real con el material de estudio: la tierra. Aquí se comienza a reconocer diferencias y similitudes, respuestas del material ante diferentes acciones y se apela a los sentidos para la familiarización de las características individualizables en cada una de las muestra de tierra. Se le propone al conjunto de estudiantes, agrupados en pequeños equipos, reconocer y practicar pruebas al material entregado, a través del amasado, intento de desagregación, incorporación de agua, generación de una pequeña bola, chorizo, pastilla circular, pequeño cuenco, etc Analizando y compartiendo con el colectivo las impresiones y conclusiones comparativas en las diferentes muestras. (Figura 3 y 4)



**Figura 3.** reconocimiento de suelo



**Figura 4.** prueba de campo

### 3.2.5 *Test Carazas*

Este ejercicio práctico es una instancia profundamente esclarecedora de los conceptos que se han ido transmitiendo en el Curso y de importante reflexión por parte de los estudiantes. Es esta una instancia en la que sedimentan conceptos que fueron reiterados en las diferentes clases, por lo que este equipo docente considera que es un momento clave y de gran contenido didáctico en el Curso. (Figura 5)



**figura 5.** Test Carazas

### 3.2.6 *Visita de obra*

En esta instancia se busca sintetizar todos los conceptos vistos en los diferentes momentos del Curso, procurando entablar un diálogo con los dueños de casa, el/la arq. y/o constructor. Allí se pondrá en juego y se observará no sólo los resultados físico\_formales de la obra sino las dificultades, los aciertos, los imponderables, los aprendizajes, que acompañan el proceso de una obra. (Figura 6)



Figura 6. visita de obra

### 3.2.7 Ejercicio de diseño

Se propone un ejercicio de proyecto corto, que busca plasmar la síntesis de una idea en código de anteproyecto arquitectónico, desarrollando un sistema de construcción y la relación entre su producción y las condiciones del sitio. Debido a la simplicidad programática de las propuestas, no se hace énfasis en la resolución tipológica, poniendo sí, atención en los aspectos constructivos y logísticos relacionados con la instrumentación del trabajo. Esta complejidad está impulsada por los recursos locales disponibles y por la comprensión de cómo organizar el trabajo.

Los ejercicios se desarrollan en un régimen de taller, con crítica oral colectiva y con instancias individuales de correcciones más específicas. En este sentido, el acompañamiento didáctico se enfoca en abordar la técnica más adecuada a cada situación, el uso racional de los materiales, las condiciones naturales del sitio como la topografía, la exposición al sol, las vistas, entre otros, y la respuesta funcional al programa arquitectónico propuesto. En cuanto a los resultados, existen propuestas formales y propuestas sensibles que fuerzan al máximo sus posibilidades constructivas. Las soluciones a menudo se pueden ver distanciadas de lo que se presupone una construcción con tierra (Figura 7). Por ejemplo, en el caso de utilizar materiales industrializados y contemporáneos, como revestimientos de metal o policarbonato que podrían coexistir con la tierra. Estas soluciones son justificadas por los estudiantes en aquellos casos en que proteger las paredes exteriores de la lluvia y los vientos es una prioridad. También hay propuestas de prefabricación o incluso más, volúmenes completos que se transfieren al sitio (Figura 8). Se considera que este tipo de enfoque, más allá de necesitar más desarrollo, estimula y desafía la búsqueda de soluciones innovadoras.

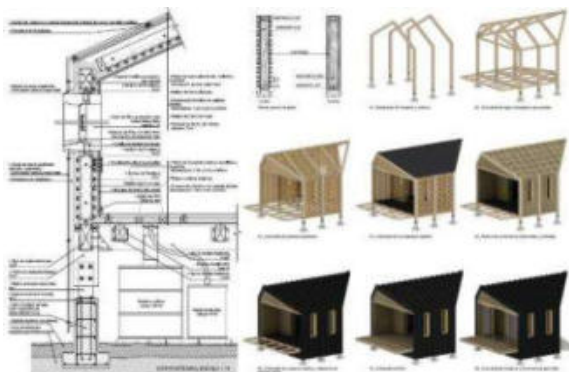


figura 7. corte constructivo de  
ejercicio de estudiantes



figura 8. imagen de ejercicio de estudiantes

#### 4. CONCLUSIONES

La conclusión podría enfocarse de dos maneras: los resultados de la propuesta de los anteproyectos y los objetivos de la propuesta académica. Del análisis de más de 80 trabajos en los últimos cinco años se pueden obtener variadas conclusiones. En primer lugar, las características hipotéticas del suelo propuesto para el desarrollo del ejercicio, le permite al estudiante comprender el papel que desempeña este ítem en la toma de las decisiones iniciales y por lo tanto en el desarrollo del diseño; a su vez esta hipótesis de partida es la que establece las menores restricciones, por lo tanto, las propuestas muestran mayor variabilidad

Es interesante encontrar nuevas formas de materialidad en edificios con tierra vinculados a tecnologías y materiales contemporáneos como metal, plástico, madera, revestimientos reciclados, etc. En muchos casos, los proyectos evitan la reproducción de una concepción estética tradicional e histórica asociada a la construcción con este material. Así es posible pensar cómo, por ejemplo, las diferentes estrategias para proteger las paredes del agua de lluvia -dado que éste es uno de los principales puntos a atender en nuestra zona- afectan formalmente el diseño de una construcción con tierra, no como una consecuencia fortuita, sino como resultado de un proceso y búsqueda específicos.

Evaluamos como una debilidad y por lo tanto queda planteado como desafío, contar con más instancias prácticas durante el dictado del Curso; éstas, aunque representan un pequeño porcentaje del total de horas de clase, se consideran fundamental en la evaluación positiva de la experiencia educativa, por lo que se intenta en cada edición mejorar la calidad y la cantidad de las mismas.

Más allá de este último aspecto, se considera que el proceso general desarrollado a lo largo de este Curso implica una contribución relevante en nuestro contexto arquitectónico cultural, en función del número de estudiantes y de cómo éstos han evaluado el mismo.

A través de estos años, la respuesta de quienes han asistido al Curso\_”DAT\_Diseño de Arquitectura con Tierra” fue altamente positiva, demostrando el atractivo del tema; además, muchos estudiantes de Programas de Intercambio provenientes de diversos países como: México, Argentina, Brasil, España y Francia han optado por tomar este curso en la FADU, así como profesionales de diferentes orientaciones. (Figura 9)

En el Curso “DAT\_Diseño de Arquitectura con Tierra”, se promueve la profesionalización de la construcción con tierra, con la convicción de que el conocimiento y comprensión del comportamiento de este material tiene que formar parte del proceso de diseño, de construcción y de uso del edificio; es decir, involucrar a los tres actores básicos: el que diseña, el que construye y el que habita. Este Curso propone y entiende que el uso de la tierra como un material de construcción implica un cambio de paradigma en este vínculo triangular de actores. (Figura 10)



**Figura 9.** participantes del Curso



**Figura 10.** práctica en obra



# SOSTENIBILIDAD COMO FORMACIÓN TRANSVERSAL PARA INGENIERÍA CIVIL DE UTN.BA EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

José Luis Verga ([arqjlv@yahoo.com.ar](mailto:arqjlv@yahoo.com.ar)); Gerardo Horacio Jesús Burdisso ([ghjb20@gmail.com](mailto:ghjb20@gmail.com)); Ana María Ferreiro ([Anam.gue@gmail.com](mailto:Anam.gue@gmail.com)); Mónica Kreskó ([mkresko@gmail.com](mailto:mkresko@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires (UTN-BA) - Arg.

**Palabras clave:** sostenibilidad, transversalidad, investigación, formación, ingeniería civil

*El Proyecto de Investigación y Desarrollo denominado “Tratamiento de la temática de sustentabilidad de manera transversal en la carrera de Ingeniería Civil de la UTN.BA” vinculado al Departamento de Ingeniería Civil y al Centro de Investigación e Innovación Educativa de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, 2017 - 2019, pretende conseguir que el estudiantado alcance una formación diferente, motivo por el cual se propone como objetivo general caracterizar modos de incorporar y tratar transversalmente la sostenibilidad en asignaturas del primero al último año de la carrera y como objetivos específicos diagnosticar la incorporación actual de la temática en las asignaturas, en el primer año; establecer contenidos teóricos y prácticos referenciales, en el segundo; determinar parámetros significativos de aplicación en cada caso en particular, en el tercero. Investigaciones sobre temática ambiental realizadas por algunos integrantes del grupo de investigación son tomadas como antecedente y se consideran, además, referencias relevantes sobre sostenibilidad, planificación e ingeniería civil a nivel nacional e internacional. Su desarrollo responde a una metodología a nivel exploratorio, con un equipo multidisciplinario con miradas diferentes respecto a lo tecnológico-social-ambiental-legal-económico desde la ingeniería y a la innovación-transferencia-implementación desde la educación. Es intención mostrar avances alcanzados sobre la incorporación actual de la temática en asignaturas de Ingeniería Civil de UTN.BA y de otros ámbitos académicos nacionales y extranjeros de referencia y además parte de la tarea correspondiente al año en curso. Interesa que el proyecto alcance un resultado final que permita implementar la aplicación de conocimientos transversales sobre sostenibilidad en cada una de las asignaturas de la carrera para posibilitar la contribución al avance científico-tecnológico, a la transferencia al medio y a la capacitación de recursos humanos y además asegurar que futuros profesionales de Ingeniería Civil de UTN.BA puedan aportar soluciones innovadoras a problemáticas temporales de la sociedad.*

## 1. INTRODUCCIÓN

“Tratamiento de la temática de sustentabilidad de manera transversal en la carrera de Ingeniería Civil de la UTN.BA”, proyecto de investigación y desarrollo (PI+D), código MSUTNBA0004494; dirección y codirección José Luis Verga - María Elena Forzinetti, respectivamente; inicio el 1 de enero de 2017 y finalización propuesta el 31 de diciembre de 2019; se enmarca en el programa “Medio ambiente, contingencias y desarrollo sustentable” siendo su campo de aplicación “Desarrollo de la educación” y “Promoción general del conocimiento” en las disciplinas científicas “Ingeniería Civil en sustentabilidad”, “Higiene-seguridad y calidad” y “Educación en formación transversal”. Se indican las unidades científico-tecnológicas que lo avalan, ellas son el Departamento de Ingeniería Civil y el Centro de investigación e innovación educativa (C.I.I.E.), ambas de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN.BA). Se indica que se toma

como traducción inglés-español “sustainability” = “sostenibilidad” y que cuando se mencione el término “sustentabilidad” será como sinónimo de “sostenibilidad”.

Interesa informar que la carrera de Ingeniería Civil en UTN.BA, tiene la particularidad de proponer a sus estudiantes, en sus últimos años de cursada, distintos perfiles de formación como el de “construcciones”, el de “vías de comunicación” y el de “hidráulica”, relacionados con las incumbencias profesionales tradicionales de la Ingeniería Civil y además el de “ambiental” que fuera incorporado en 2017.

El equipo multidisciplinario que participa del presente proyecto, integrado por docentes - investigadores con competencias en arquitectura, urbanismo y planeamiento, ingeniería ambiental, geología, ingeniería civil, ingeniería química, higiene-seguridad y calidad, tiene especial interés, junto al Departamento de Ingeniería Civil, de incluir formación en sustentabilidad y también en higiene y seguridad en el trabajo y en calidad en cada etapa del proceso y en el resultado final de una obra desde la transversalidad en las asignaturas, situación que esta exigiendo una verificación para luego alcanzar una elaboración de parámetros de aplicación y finalmente modos de tratamiento para la ampliación de conocimientos.

Se propone desde un recorrido exploratorio en las asignaturas de la carrera el reconocimiento de la inclusión de temáticas de manera transversal como la de sustentabilidad, la de higiene y seguridad y la de calidad en la formación del estudiante de la UTN.BA para que, luego de su consideración y evaluación pueda ser factible desde una mirada diferente su incorporación para el acrecentamiento de competencias actuales.

El relevamiento de la programación de las asignaturas, reuniones presenciales con los docentes y la observación de clases teórico-prácticas están permitiendo reconocer contenidos específicos y su alcance, profundidad, oportunidad, entre otros posibles aspectos.

La selección de la documentación, bibliografía y normativa pertinente sobre sustentabilidad en Ingeniería Civil es el paso siguiente para luego poder realizar el análisis, interpretación, síntesis de aquellos contenidos que permitan obtener un marco teórico general para la elaboración de parámetros específicos de aplicación de la temática en cada asignatura de la carrera.

Posibilitar concluir con la realización de un documento en el que se establezcan sugerencias sobre modos de tratar la temática en cada una de las asignaturas en las cuales no se encuentre presente permitiría ser incorporada desde una mirada diferente a la tradicional, sería la parte final de un proceso a seguir como manera de abordar el problema

Se pretende lograr como resultado de la investigación en curso un informe final que pueda ser utilizado como referente en otras regionales de UTN u otras altas casas de estudio en las que sea intención alcanzar una situación similar a la de la carrera de Ingeniería Civil en UTN.BA.

## **2. INVESTIGACIONES PRECEDENTES**

“Adecuación de la formación ambiental del Ingeniero Civil en la UTN; estudio comparativo inter-facultades”, director Dr. Alicia Bugallo, participación de docentes-investigadores de UTN Buenos Aires y de UTN Gral. Pacheco, 2009-2012.

“Factibilidad técnica y económica en la reutilización de escombros de albañilería resultantes de la demolición y construcción”, director Lic. Carlos Alberto Di Salvo, participación de docentes-investigadores de UTN Buenos Aires, 2011-2014.

“Estrategias didácticas y metodológicas para transferir saberes ambientales en la formación del Ingeniero Civil de cinco Facultades de la UTN”, director Dr. Raúl César Pérez,



participación de docentes-investigadores de la carrera de Ingeniería Civil de Regionales Bahía Blanca, Buenos Aires, Gral. Pacheco, Mendoza y Rosario, 2013-2016, siendo Territorio, Sustentabilidad, Ambiente, Desarrollo Sustentable, Desarrollo Local y Participación Social los saberes involucrados.

Se informa que los tres proyectos de investigación y desarrollo mencionados han sido tomados como antecedentes referenciales debido a su vinculación temática pero además porque en ellos han participado integrantes del actual.

### **3. MARCO TEÓRICO**

Se mencionan aquellos documentos que tienen relevancia en la investigación en curso, ellos son “*La visión para la Ingeniería Civil en 2025*” (ASCE, 2010); “*Nuestro Futuro Común*” (Brundtland, 1987); “*La Carta de la Tierra*” (PNUD-SEMARNAT, 2000); “*Contribución de la Ingeniería Civil al Desarrollo sostenible*” (García de Durango, 2002); “*Criterios de sostenibilidad aplicables al planeamiento urbano*” (IHOBE, 2003); “*Planificación de ciudades sostenibles*” (ONU-HABITAT, 2009); “*Ingeniería Civil 2025, una reflexión argentina acerca del documento La Visión para la Ingeniería Civil en 2025*” (CPIC, 2013).

### **4. OBJETIVOS**

#### **4.1. Objetivo general**

Caracterizar modos de tratar transversalmente la temática de sustentabilidad en asignaturas del primero al último año de la carrera, dependientes del Departamento de Ingeniería Civil.

#### **4.2. Objetivos específicos**

Diagnosticar el grado de incorporación de la temática en las asignaturas.

Establecer contenidos teóricos y prácticos sobre sustentabilidad en la Ingeniería Civil.

Determinar parámetros significativos de aplicación para cada asignatura en particular.

### **5. METODOLOGÍA**

Como proyecto experimental a nivel exploratorio con un grado de complejidad importante, enmarcado en las ciencias de la Ingeniería y en las de la educación, se hace necesaria la posibilidad de miradas diferentes que han requerido inicialmente la conformación de un equipo multidisciplinario que permita un enfoque conceptual en el que se involucren aportes provenientes de la ingeniería en cuanto a aspectos tecnológico, sociales, ambientales, legales y económicos y también de la educación respecto a innovación, transferencia e implementación.

Las asignaturas de la carrera, del primero al último año, dependientes del Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional definen el límite del campo de acción.

Se parte del análisis de contenidos sobre sustentabilidad en la programación actualizada de las asignaturas, luego con la realización de entrevistas a docentes y eventualmente con la observación presencial de clases teórica-prácticas para que se pueda realizar el procesamiento de lo obtenido a fin de conseguir un diagnóstico de situación, según lo mencionado en el primer objetivo específico, respecto a la inclusión de la temática central del presente proyecto.

La selección de documentos, bibliografía y normativa, en modo alguno excluyente, permitirá una interpretación para establecer un marco referencial del cual obtener contenidos relevantes sobre la temática “sustentabilidad” para la carrera que, pensados desde el rol más amplio del Ingeniero Civil, posibilitará la determinación de parámetros que surgirán de

los resultados de este proceso previo en los que se verán involucrados tipo, profundidad y alcance de ellos para cada asignatura.

La muestra de los resultados alcanzados y el establecimiento de ciertos modos de tratar la temática, para que los docentes puedan apropiarse de la más conveniente para la incorporación de contenidos específicos y alcanzar en algún momento la inclusión de ellos en la programación analítica de sus asignaturas, compondrían las conclusiones del proyecto.

La participación en eventos nacionales e internacionales permitirá la socialización de los avances y conocer el aporte del proyecto a la comunidad universitaria.

## **6. GRADO DE AVANCE**

### **6.1. Tareas correspondientes a 2017**

Se inician con una tarea de relevamiento, análisis y síntesis de lo indicado, sobre la inclusión de contenidos ambientales, específicamente referidos a la sustentabilidad, según resolución 1030, en los programas analíticos de las materias troncales y electivas de los perfiles “construcciones”, “vías de comunicación”, “hidráulica” y “ambiental” presentes en la carrera de Ingeniería Civil de UTN.BA como así también en los programas de la carrera en otras Facultades Regionales de la misma Universidad (UTN), en universidades públicas y privadas de Argentina, en algunas universidades de Latinoamérica y Europa, aún aquellas en las que se cursan como Maestrías y Doctorados.

Integrantes del grupo de investigadores participantes se tomaron la tarea de observar los programas sintéticos y analíticos de cada asignatura de la carrera de Ingeniería Civil de la UTN.BA, ciclo 2016 como año de referencia, con la intención de obtener datos que permitieran conocer el estado de situación respecto a la incorporación de la temática de sustentabilidad en temas que se desarrollen en ellas. Desde una mirada inicial se pudo reconocer que, en las asignaturas que ya tenían incorporada la temática, se mencionaba la referencia pertinente sobre cada tema desarrollado, ya sea como documento oficial, bibliografía, publicación, página web, otras, situación que motivó, por parte de quienes trabajaron en ello, la decisión de incluir además la observación de aquellas referencias y su posterior análisis. Debido a que algunos programas analíticos subidos a la página oficial de Ingeniería Civil de UTN.BA no se encontraban actualizados se solicitó la colaboración del Departamento de Ingeniería Civil de UTN.BA, cuyo director, brindó toda la documentación pertinente debido a que los programas mencionados por asignatura deben ser presentados antes del inicio de cada ciclo lectivo.

La obtención de datos permite la elaboración de una matriz de base, con parámetros referenciales, que posibilitará la extracción de aquellos similares propuestos en la planificación de cada asignatura de la carrera de Ingeniería Civil de UTN.BA y además ser utilizada como elemento de comparación con las demás Facultades de UTN, con las universidades públicas y privadas nacionales y con universidades de otros países.

Otros integrantes se abocaron a la tarea de analizar programas sintéticos y analíticos de la carrera de Ingeniería Civil en otras Regionales de UTN, en otras universidades públicas y privadas del país y en algunas universidades públicas y privadas de Europa y de América. Fue necesario obtener la información a través de sus páginas oficiales vía web o mediante e-mails, en los casos en que aquella era insuficiente.

Interesa indicar que la dinámica propia de esta investigación permite la posibilidad de continuar analizando programación analítica de la carrera en universidades nacionales y extranjeras, públicas y privadas que pueda aportar información relevante.

Se mencionan únicamente aquellas que han sido relevadas hasta el momento:

a. Facultades Regionales de la Universidad Tecnológica Nacional

Avellaneda, Bahía Blanca, Concepción del Uruguay, Concordia, Córdoba, Gral. Pacheco, La Plata, Venado Tuerto

b. Universidades Nacionales (públicas)

De Córdoba, de Cuyo, de La Plata, de Salta, de Santiago del Estero, de Tucumán, del Centro de la Provincia de Buenos Aires, del Comahue, del Sur

c. Universidades Nacionales (privadas)

De Belgrano, Pontificia Universidad Católica Argentina

d. Universidades de otros países

Autónoma de México, de Bolonia, Politécnica de Cataluña

**Caso Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)**

Grado de Ingeniería Civil (<http://www.upc.edu/>)

“Este grado en Ingeniería Civil, que reúne los contenidos formativos fundamentales que integraban los estudios de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, tiene como objetivo formar a ingenieros e ingenieras generalistas, con una sólida formación en ciencias básicas y con una visión amplia de la ingeniería civil aplicada al desarrollo y mejora de las sociedades modernas, basándose en la búsqueda constante de soluciones alternativas y respetuosas con el medio ambiente. La organización del transporte y de las ciudades; el proyecto de vías de comunicación; la protección de las costas y playas; la seguridad ante riadas y sismos; el análisis y el diseño de grandes estructuras, y también la búsqueda y el desarrollo de nuevas fuentes de energía, son ámbitos de trabajo de los ingenieros e ingenieras civiles. Esta titulación da acceso a itinerarios de movilidad que conducen a dobles diplomas con instituciones internacionales de prestigio. Puedes cursar el grado íntegramente en inglés”

Ana María Ferreiro, Gerardo Horacio Jesús Burdisso, Ingenieros Civiles - Docentes y Santiago José Romero Lombardi, estudiante de Ingeniería Civil de UTN.BA, integrantes del grupo de investigación, han sido quienes se encargaron de recabar información de los programas analíticos de asignaturas de Ingeniería Civil de universidades nacionales y extranjeras públicas y privadas y también de otras regionales de UTN, excluida UTN.BA, para luego implementar su análisis y evaluación.

Una síntesis rigurosa, a modo de ejemplo, se muestra a través de tablas que, en primer término, indican competencias a modo referencial como: las transversales (tabla 1), las genéricas (tabla 2) y las específicas (tabla 3).

**Tabla 1.** Competencias transversales

585	EMPRENDEDURÍA E INNOVACIÓN - Nivel 1: Tener iniciativas y adquirir conocimientos básicos sobre las organizaciones y familiarizarse con los instrumentos y técnicas de generación de ideas y de gestión, que permitan resolver problemas y generar oportunidades
586	EMPRENDEDURÍA E INNOVACIÓN - Nivel 2: Tomar iniciativas que generen oportunidades, nuevos objetos o soluciones, con una visión de implementación de proceso y de mercado que implique hacer partícipes a otros en proyectos que se deben desarrollar.
587	EMPRENDEDURÍA E INNOVACIÓN - Nivel 3: Utilizar conocimientos y habilidades estratégicas para la creación y gestión de proyectos, aplicar soluciones sistémicas a problemas complejos y diseñar y gestionar la innovación en la organización.
588	SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 1: Analizar sistémica y críticamente la situación global, atendiendo la sostenibilidad de forma interdisciplinaria, así como el desarrollo humano sostenible, y reconocer las implicaciones sociales y ambientales de la actividad profesional del mismo ámbito.
589	SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 2: Aplicar criterios de sostenibilidad y los códigos deontológicos de la profesión en el diseño y la evaluación de las soluciones tecnológicas.
590	SOSTENIBILIDAD Y COMPROMISO SOCIAL - Nivel 3: Tener en cuenta las dimensiones social, económica y ambiental al aplicar soluciones y llevar a cabo proyectos coherentes con el desarrollo humano y la sostenibilidad.
594	TRABAJO EN EQUIPO - Nivel 3: Dirigir y dinamizar grupos de trabajo, resolviendo posibles conflictos, valorando el trabajo hecho con las otras personas y evaluando la efectividad del equipo, así como la presentación de los resultados generados.

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

**Tabla 2.** Competencias genéricas

3104	Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería. Capacidad para plantear y resolver problemas de ingeniería civil con iniciativa, habilidades en toma de decisiones y creatividad. Desarrollar un método de análisis y solución de problemas sistemático y creativo.
3106	Identificar la complejidad de los problemas tratados en las materias. Plantear correctamente el problema a partir del enunciado propuesto. Identificar las opciones para su resolución. Escoger una opción, aplicarla e identificar si es necesario cambiarla si no se llega a una solución. Disponer de herramientas o métodos, para verificar si la solución es correcta o, como mínimo, coherente. Identificar el papel de la creatividad en la ciencia y la tecnología.
3107	Identificar, modelar y plantear problemas a partir de situaciones abiertas. Explorar las alternativas para su resolución, escoger la alternativa óptima de acuerdo a un criterio justificado. Manejar aproximaciones. Plantear y aplicar métodos para validar la bondad de las soluciones. Tener una visión de sistema complejo y de las interacciones entre sus componentes.
3108	Identificar y modelar sistemas complejos. Identificar los métodos y herramientas adecuados para plantear las ecuaciones o descripciones asociadas a los modelos y resolverlas. Llevar a cabo análisis cualitativos y aproximaciones. Establecer la incertidumbre de los resultados. Plantear hipótesis y proponer métodos experimentales para validarlas. Establecer y manejar compromisos. Identificar componentes principales y establecer prioridades. Desarrollar un pensamiento crítico.
3110	Capacidad para concebir, proyectar, gestionar y mantener sistemas en el ámbito de la ingeniería civil. Capacidad para cubrir el ciclo de la vida completo de una infraestructura o sistema o servicio en el ámbito de la ingeniería civil. Esto incluye la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de la especialidad, el conocimiento de las materias básicas y tecnologías, la toma de decisiones, la dirección de las actividades objeto de los proyectos, la realización de mediciones, cálculos y valoraciones, el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento, la valoración del impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas adoptadas, la valoración económica y de recursos materiales y humanos involucrados en el proyecto, con una visión sistemática e integradora.
3112	Identificar las funciones de la ingeniería y los procesos involucrados en el ciclo de vida de una obra, proceso o servicio. Valorar la necesidad de la sistematización del proceso de diseño. Identificar e interpretar los pasos de un documento de especificación del proceso de diseño (PDS). Completar y mejorar documentos de especificación y planificación. Aplicar un proceso de diseño sistemático en sus fases de implementación y operación. Elaborar informes de progreso de un proceso de diseño. Manejar herramientas de soporte a la gestión de proyectos. Elaborar un informe final correspondiente a un proceso de diseño sencillo. Conocer los aspectos económicos básicos asociados al producto-proceso- servicio que se está diseñando.
3113	Identificar las necesidades del usuario y elaborar una definición de producto-proceso-servicio y unas especificaciones iniciales. Elaborar una especificación del proceso de diseño. Diseñar y seguir un modelo de gestión del proceso de diseño basado en un estándar. Conocer profundamente los pasos asociados a las fases de diseño, implementación y operación. Utilizar de forma coherente los conocimientos y herramientas adquiridos en las distintas materias en el proceso de diseño e implementación. Evaluar y proponer mejoras al diseño realizado. Evaluar la aplicación de la legislación, normativa en los ámbitos nacional, europeo e internacional.
3114	Identificar las necesidades y oportunidades del mercado. Recoger información que permita elaborar las especificaciones de un nuevo producto proceso o servicio. Elaborar un plan de negocio básico. Concebir un nuevo producto, proceso o servicio. Elaborar y llevar a cabo la planificación de un proceso de diseño. Llevar a cabo las distintas fases de un proceso de diseño.

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi



Tabla 3. Competencias específicas

3018	Conocimientos de economía del medio ambiente y su gestión. A escala más concreta se tratarán entre otros, temas como realizar un estudio económico de viabilidad para la inversión en la construcción de una infraestructura, analizar el funcionamiento económico de una empresa constructora, elaborar un análisis coste-beneficio que determine los efectos sobre el bienestar social de llevar a cabo una determinada infraestructura, valorar el impacto sobre el medio ambiente de las infraestructuras, considerar las consecuencias y obligaciones que comporta la financiación privada de infraestructuras a través de métodos de concesión.
3019	Capacidad para aplicar metodologías de estudios y evaluaciones de impacto ambiental.
3025	Comprensión de los mecanismos físico-químicos que determinan las fases del ciclo de vida de los materiales de construcción (fabricación, utilización, eliminación y reciclado), su durabilidad y su incidencia en el medio ambiente.
3036	Capacidad de análisis de la problemática de la seguridad y salud en las obras de construcción
3038	Conocimiento sobre el proyecto, cálculo, construcción y mantenimiento de las obras de edificación en cuanto a la estructura, los acabados, las instalaciones y los equipos propios.
3047	Conocimiento y comprensión de los sistemas de abastecimiento y saneamiento, así como de su dimensionamiento, construcción y conservación.
3063	Conocimiento del marco de regulación de la gestión urbanística. Comprensión del fenómeno urbano y sus factores determinantes (historia, economía, actividad humana, movilidad). Comprensión y capacidad de elaboración de proyectos de urbanización
3064	Conocimiento de la influencia de las infraestructuras en la ordenación del territorio y para participar en la urbanización del espacio público urbano, y en los proyectos de los servicios urbanos, tales como distribución de agua, saneamiento, gestión de residuos, sistemas de transporte, tráfico, iluminación, etc.
8378	Conocimientos de modelización numérica práctica. Capacidad para adquirir conocimientos en modelización numérica avanzada aplicada a distintas áreas de la ingeniería tales como: o Ingeniería civil y medioambiental o Ingeniería mecánica y aeroespacial o Nanoingeniería y bioingeniería o Ingeniería naval y marina, etc.

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Dichas competencias pueden ser observadas en tablas de relevamiento de la formación de grado que se corresponden con cada curso, así la del primer curso (tabla 4), la del segundo (tabla 5), la del tercero (tabla 6) y la del cuarto curso (tabla 7).

Tabla 4. Relevamiento Ingeniería Civil UPC - 1er. Curso

Asignatura	Tipo	Tratamiento de temas sobre 'Sostenibilidad y Ambiente'
Economía, Empresa y Legislación	Obligatoria	Competencia Específica: 3018
Cálculo	Obligatoria	Competencias Transversales: 588
Mecánica Racional	Obligatoria	Competencias Transversales: 588

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Tabla 5. Relevamiento Ingeniería Civil UPC - 2do. Curso

Asignatura	Tipo	Tratamiento de temas sobre 'Sostenibilidad y Ambiente'
Geometría diferencial y Ecuaciones Diferenciales	Obligatoria	Competencias Transversales: 588
Materiales de Construcción	Obligatoria	Competencias Transversales: 588 Competencia Específica: 3025
Procedimientos de Construcción y Electrotecnia	Obligatoria	Competencias Transversales: 587, 590 Competencias Genéricas: 3110

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Tabla 6. Relevamiento Ingeniería Civil UPC - 3er. Curso

Asignatura	Tipo	Tratamiento de temas sobre 'Sostenibilidad y Ambiente'
Análisis de Estructuras	Obligatoria	Competencias Transversales: 589 Competencias Genéricas: 3110
Caminos y Ferrocarriles	Obligatoria	Competencias Transversales: 589 Competencias Genéricas: 3110, 3112, 3113
Ingeniería Ambiental	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113 Competencia Específica: 3047
Transporte	Obligatoria	Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113 Competencias Transversales: 585, 586, 589
Urbanismo	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113 Competencia Específica: 3063, 3064

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Tabla 7. Relevamiento Ingeniería Civil UPC - 4to. Curso

Asignatura	Tipo	Tratamiento de temas sobre 'Sostenibilidad y Ambiente'
Estructuras de Acero	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113 Competencia Específica: 3038
Estructuras de Hormigón	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113 Competencia Específica: 3038
Hidrología Superficial y Subterránea	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113
Ingeniería Geológica	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113
Ingeniería Geotécnica	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113
Ingeniería Marítima y Portuaria	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113
Obras Hidráulicas	Obligatoria	Competencias Transversales: 585, 586, 589, 594 Competencias Genéricas: 3104, 3106, 3107, 3110, 3112, 3113
Proyectos y Organización de Empresas	Obligatoria	Competencia Transversales: 585, 590 Competencias Genéricas: 3104, 3108, 3110, 3114 Competencias Específicas: 3019, 3036
Trabajo de Fin de Grado	Obligatoria	Competencias Transversales: 590

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Master universitario en Ingeniería Estructural y de la Construcción (<http://www.upc.edu/>)

Proporcionar una sólida formación en el ámbito de la ingeniería estructural y de la construcción es el objetivo de este máster, que profundiza en los mecanismos resistentes de las estructuras, materiales y procesos constructivos, y también en aspectos como la

durabilidad y la tecnología de materiales, los procesos constructivos y los métodos de organización, la gestión eficaz de proyectos y obras, y su impacto ambiental y socioeconómico, la seguridad, la calidad o la sostenibilidad'

Tomando las mismas competencias mencionadas precedentemente se trabajó para la confección de tablas de relevamiento para la formación de posgrado correspondientes al primer cuatrimestre (tabla 8) y al segundo cuatrimestre (tabla 9).

Tabla 8. Relevamiento Master UPC - 1er. Cuatrimestre

Asignatura	Tipo	Tratamiento de temas sobre 'Sostenibilidad y Ambiente'
Mecánica de medios continuos	Optativa	Competencia Especifica: 8378.

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Tabla 9: Relevamiento Master UPC - 2do. Cuatrimestre

Asignatura	Cursado	Tratamiento de temas sobre 'Sostenibilidad y Ambiente'
Análisis Avanzado de Estructuras	Optativa	Competencia Especifica: 8378
Gestión ambiental	Optativa	

Fuente: Elaboración Ferreiro-Burdisso-Romero Lombardi

Se indica que el trabajo completo realizado por los integrantes mencionados precedentemente ocupa un total de 20 páginas.

## 6.2. Tareas correspondientes a 2018

De acuerdo a la programación del PID en curso se establecía la realización de entrevistas con los profesores y auxiliares de cada cátedra con la intención de obtener respuestas sobre determinados puntos de interés para la investigación.

En reuniones de trabajo se comenzó a prediseñar la encuesta y una vez finalizada se acordó modificar la metodología propuesta por otra consistente en el envío de la misma por email para conseguir respuestas con cierta rapidez como así también poder acopiar la documentación pertinente en un archivo digital.

La documentación enviada consta de un marco teórico referencial, de conceptualización general, no incorporado al presente documento y de una encuesta (figura 1)

Preguntas a cátedras

¿Qué entiende por 'sostenibilidad/sustentabilidad', 'calidad' e 'higiene y seguridad' en la Ingeniería Civil?

¿Por qué es importante la formación de los jóvenes fundamentalmente en 'sostenibilidad' y complementariamente en 'calidad' e 'higiene y seguridad'?

El estilo de vida actual no es sostenible

Son quienes tomarán decisiones en el futuro

Otros

¿Considera que la carrera contribuye al conocimiento de cada una de las temáticas?

¿Se tienen incorporados temas vinculados a las mismas en la planificación de la asignatura?

¿Pueden ser desarrollados durante el ciclo lectivo?

¿Las temáticas han sido incluidas por fuera de la planificación de la asignatura?

¿Sobre qué temas incursiona?

¿Cuál es el motivo por el cual no se incluyen las temáticas en la asignatura?

No se cree que sea de interés

No se observa que haya vinculación con los temas desarrollados

No hay tiempo disponible

No se tiene formación específica

Otros

¿Sería factible incorporar una mirada diferente vinculada a la 'sostenibilidad/sustentabilidad', a la 'calidad' y a la 'higiene y seguridad' en el desarrollo de los contenidos de la asignatura?

¿En cuáles temas específicos?

¿Se necesitaría alguna colaboración de personas con conocimientos específicos sobre cada temática en particular? ¿Qué propondría?

Figura 1. Encuesta a cátedras de asignaturas de Ingeniería Civil de UTN.BA

Se están recibiendo las respuestas de la encuesta enviada oportunamente y una vez completada la tarea se iniciará el proceso de interpretación analítica de cada una de ellas.

## 7. INCONVENIENTES DETECTADOS

La conformación diferente de la programación de las asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil como así también una escasa documentación sobre contenidos y carga horaria de las universidades extranjeras ha sido una tarea no fácil de resolver que fue causante de la generación de cierto retraso en el primer año transcurrido que ha implicado que en el PID en curso la finalización de tareas establecidas para 2017 según el cronograma del mismo deban ser coincidentes con aquellas enunciadas a realizar durante 2018.

En 2018, segundo año de tareas, la falta de celeridad en respuestas a las preguntas de la encuesta enviada por e-mail, establecida en el cronograma correspondiente, implica cierto grado de preocupación respecto a la posibilidad de un nuevo retraso, tal como lo ocurrido en 2017.

Estos inconvenientes registrados seguramente conlleven a la posibilidad de la solicitud de un año de prórroga para poder alcanzar el resultado final.

## 8. RESULTADOS INICIALES

Los contenidos de carácter ambiental se encuentran fuertemente incorporados en diversas asignaturas de la carrera como ser en Ingeniería Civil I, Ingeniería Civil II, Geotopografía, Instalaciones Sanitarias, Instalaciones Termomecánicas, Ingeniería Legal, Vías de Comunicación I, Ingeniería Sanitaria, Diseño Arquitectónico Planeamiento y Urbanismo, Planificación Urbana Sustentable, Organización y Conducción de Obras, Gestión Ambiental, Saneamiento y Medio Ambiente, Proyecto Final, entre otras pero, en menor medida, aquellos referidos específicamente a la sustentabilidad, salvo excepciones como, a modo de ejemplo, Planificación Urbana Sustentable que los ha incorporado desde 2014, situación que podría valer como una primera observación sobre aquello que sucede en Ingeniería Civil de UTN.BA.

Lo indicado sobre la inclusión de contenidos ambientales podría hacerse extensivo, aunque con ciertas diferencias de profundización, a las restantes facultades regionales de UTN y además a las universidades públicas y privadas del país.

En la Universidad Autónoma de México como en la Universidad Politécnica de Cataluña por mencionar a ambas como referentes, los contenidos ambientales vinculados específicamente a la sustentabilidad están presentes en casi todas las asignaturas, situación que le otorga al ingeniero egresado de estas casas de estudios un perfil que lo caracteriza como un profesional que selecciona procesos, métodos y estrategias de construcción con criterios de sustentabilidad y análisis del ciclo de vida, tanto de los materiales intervinientes, de las tecnologías constructivas como de la obra en su totalidad.

El PID en curso tiene entre sus objetivos la incorporación de temas sobre sustentabilidad en la mayoría de las asignaturas, sea como contenido o como comentario, para concientizar al estudiante, futuro egresado, sobre la necesidad de su inclusión en cada una de las acciones del quehacer del Ingeniero Civil, tal como ocurre en la formación de ingenieros civiles en las universidades mencionadas precedentemente.

## 9. CONCLUSIONES

La importancia del proyecto de investigación en curso radica finalmente en posibilitar la transmisión de conocimientos sobre sustentabilidad, calidad e higiene y seguridad en las distintas asignaturas de la carrera para alcanzar el acrecentamiento de competencias y una formación innovadora, para quienes egresen de Ingeniería Civil de UTN.BA, diferente al de otras casas de estudio y además, como profesionales puedan formular la aplicación criteriosa de respuestas a las necesidades de las personas o a las de la comunidad donde deban actuar y la generación de propuestas de solución no convencionales.

Se propone la contribución al avance científico y tecnológico, la transferencia al medio y la formación de recursos humanos como aporte sustancial.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libro completo:



- Brundtland, G. (1987). *Nuestro futuro común, Informe Brundtland, Comisión mundial de las naciones unidas para el medio ambiente y desarrollo.*
- CPIC. (2013). *Ingeniería civil 2025, una reflexión argentina acerca del documento la visión para la ingeniería civil en 2025. Consejo profesional de ingeniería civil. Buenos Aires, Argentina.*

Artículo en eventos:

- García de Durango. J. (2002). *Contribución de la Ingeniería Civil al desarrollo sostenible. I Congreso de Ingeniería Civil, Territorio y Medio Ambiente. Vol. I, p. 103-113. Madrid, España*
- ASCE. (2010). *La visión para la ingeniería civil en 2025. American Society of Civil Engineers. EE.UU.*

Documento electrónico:

- PNUD-SEMARNAT. (2000). *La carta de la tierra. México. Disponible en <http://www.cartadelatierra.org.mx>*
- IHOBE. (2003). *Criterios de sostenibilidad aplicables al planeamiento urbano. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. España. Disponible en <http://www.ingurumena.net>*
- ONU-HABITAT. (2009). *Planificación de ciudades sostenibles: orientaciones para políticas, informe global sobre asentamientos humanos. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Londres - Sterling, VA, Reino Unido. Disponible en <http://www.earthscan.co.uk>, <http://www.unhabitat.org/grhs>*
- UNAM. (2016). *Desarrollo sustentable en la Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Capítulo 1. Disponible en <http://www.ptolomeo.unam.mx>*

# COMUNIDAD, SOSTENIBILIDAD, AMBIENTE, PLANEAMIENTO, URBANISMO Y DISEÑO, TEMÁTICAS INVOLUCRADAS DE MANERA CONJUNTA EN 'PLANIFICACIÓN URBANA SUSTENTABLE', INGENIERÍA CIVIL, UTN.BA

José Luis Verga ([arqjlv@yahoo.com.ar](mailto:arqjlv@yahoo.com.ar)); Mariano Papaianni  
([papaianni.mariano@gmail.com](mailto:papaianni.mariano@gmail.com)); Mónica Kreskó ([mkresko@gmail.com](mailto:mkresko@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires (UTN-BA) - Arg.

**Palabras clave:** planificación, urbanismo, sostenibilidad, innovación en la formación, ingeniería civil

*En la asignatura "Planificación urbana sustentable", electiva del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, perteneciente a los perfiles Construcciones y Ambiental, se propone una formación diferente e innovadora, motivo por el cual es considerada la inclusión de las temáticas Comunidad, Sostenibilidad, Planificación de ciudades sostenibles, Medio Ambiente, Planeamiento, Urbanismo, Diseño, como macro unidades que involucran conceptos, técnicas, criterios y metodologías que dan conformación al contenido general; permiten la profundización y ampliación de conocimientos y su transversalidad; actúan como condicionantes en la obtención de espacios de alta calidad de vida. En la práctica, durante cada ciclo lectivo, se parte de proponer una ejercitación sobre "Barreras" que se continua con otra sobre "Movilidad sostenible" y además, en simultaneidad, un trabajo anual que responde a una temática marco denominada "unidad vecinal inclusiva y sostenible" con temas variables cada año que, en 2018, se lo ha relacionado a la idea de un "Pueblo con atractivo propio", a particularizar por los diferentes equipos de trabajo, cuyo desarrollo debe ser realizado en tres etapas consecutivas siendo la "Caracterización de la propuesta", la primera; la "Determinación del predio de implantación", la segunda y el "Diseño urbano", la tercera. Desde una visión diferente, vinculada a la innovación educativa y de formación, la cátedra pretende que el estudiantado alcance la focalización de conocimientos específicos que puedan generar, en su futuro ejercicio profesional, propuestas urbanas y regionales donde se refleje lo incorporado, asegurando la no apropiación de recursos futuros, la utilización de tecnología que permita alcanzar un nivel de confort acorde a los tiempos, la ausencia de barreras que puedan ser causa de algún tipo de discriminación y la obtención de calidad, higiene y seguridad de espacios resultantes, fortaleciendo la inclusión social y el equilibrio urbano.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Se indica que se toma la traducción inglés-español "sustainability" = "sostenibilidad" y el término "sustentabilidad" como sinónimo de "sostenibilidad".

La asignatura Planificación urbana sustentable (PLUS) es una electiva del 5to año de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Buenos Aires (UTN.BA) cuyo profesor y director de cátedra es José Luis Verga, Especialista en Ingeniería Ambiental, Arquitecto y con Especialidad de grado en Urbanismo y Planeamiento y sus auxiliares Mónica Kreskó, Arquitecta y Mariano Papaianni, Ingeniero Civil.

Se propone al estudiantado de los perfiles Construcciones y Ambiental innovación respecto a otras asignaturas en cuanto al modo de incorporar conocimiento y en el posicionamiento frente al desarrollo y resolución de trabajos prácticos.

Comunidad, Sostenibilidad, Planificación de ciudades sostenibles, Medio Ambiente, Planeamiento, Urbanismo, macro unidades de teoría y práctica donde se incursiona en la utilización de conceptos, técnicas, criterios y metodologías, conforman el contenido general de la asignatura.

La programación analítica incluye “Comunidad”: Global, Particular e Intencional; “Sostenibilidad”: La Carta de la Tierra, Criterios de Sostenibilidad; “Planificación de ciudades sostenibles”: Agendas verde y marrón, Estructura espacial e infraestructuras, Nuevo papel para la planificación urbana; “Medio Ambiente”: Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) / Estudio de Impacto ambiental (EslA), Evaluación de Impacto Ambiental (EIT) / Estudio de Impacto Ambiental (EslT), Huella ecológica, Capacidad de carga, Equilibrio ecológico, Socio-política ambiental; “Planeamiento”: Región, Planes, Metodologías, Transporte / Movilidad; “Urbanismo”: Clásico / tradicional, Nuevos principios, Alternativo, Ciudad, Centro cívico, Comunas; “Evaluación de obras complejas”: Metodologías; “Proyecto de diseños complejos”: Estrategias.

Su objetivo parte de la pretensión de la incorporación de conocimientos básicos específicos sobre planificación, urbanismo y sustentabilidad, vinculados al ambiente y al diseño, que posibiliten, al estudiantado de la etapa final de la carrera de grado, profundizar competencias que permitan su continuidad en posgrados, maestrías, doctorados, a alcanzar a través del aprendizaje de: a) particularidades sobre comunidad; b) criterios de sostenibilidad; c) planificación de ciudades sostenibles; d) aspectos sobre ambiente y socio-política ambiental; e) metodologías de evaluación de hechos urbano-arquitectónicos y de planeamiento; f) técnicas de planeamiento; g) conceptos de urbanismo tradicional y alternativo; h) procesos de diseño de propuestas urbano-arquitectónicas y de planeamiento

Se desarrolla a través de clases teóricas que introducen al estudiantado en problemáticas de sustentabilidad, de planificación, de urbanismo y de diseño vinculadas a comunidad y ambiente y su práctica consta de ejercitaciones dentro del primer cuatrimestre y un trabajo de duración anual en tres etapas concatenadas que culmina en una propuesta final

La primera de las ejercitaciones se propone a modo de “informe de investigación” con un inicio, un desarrollo y una conclusión, estableciéndose como tema el denominado “Barreras”, donde se incluyen la totalidad de ellas mientras que la segunda se realiza como “caso” siendo su tema el denominado “Movilidad sostenible”, incluyendo el sistema BRT a nivel mundial y el metrobus a nivel país.

El trabajo práctico de duración anual a realizar en tres etapas se propone desde una temática única denominada “Unidad vecinal inclusiva y sostenible” que se particulariza en cada ciclo lectivo con temas diferentes, siendo el correspondiente al 2018 un “Pueblo con atractivo propio” (Verga, 2018).

Es necesario destacar que la asignatura PLUS se ha vinculado siempre con distintos proyectos de investigación y desarrollo siendo el actual el denominado “Tratamiento de la temática de sustentabilidad de manera transversal en la carrera de Ingeniería Civil de la UTN.BA”, código MSUTNBA0004494; dirección y codirección José Luis Verga - María Elena Forzinetti, respectivamente; inicio el 1 de enero de 2017 y finalización propuesta el 31 de diciembre de 2019; se enmarca en el programa Medio ambiente, contingencias y desarrollo sustentable siendo su campo de aplicación el Desarrollo de la educación y la Promoción general del conocimiento en las disciplinas científicas Ingeniería Civil en sustentabilidad, ‘Higiene-seguridad y calidad’ y Educación en formación transversal. Se indican las unidades

científico-tecnológicas que lo avalan, ellas son el Departamento de Ingeniería Civil y el Centro de investigación e innovación educativa (CIIE), ambas de la UTN.BA.

## 2. FORMACIÓN DEL ESTUDIANTADO

Interesa indicar que “no hay estudiante que no pueda aprender” y su incentivación es “tarea creativa de la docencia”

La relación “docente-alumno-saber” a través de los procesos implícitos en el acto educativo “enseñar”, “aprender” y “formar” conforman modelos pedagógicos en la educación superior. Así el enseñar enfatiza el eje docente-saber, el aprender el eje alumno-saber y el formar el eje docente-alumno, siendo cada uno el componente esencial de aquellos, centrados en la “enseñanza”, en el “aprendizaje” y en la “formación”, que cada docente puede apropiarse como herramienta para lograr impartir conocimientos a sus alumnos (Jiménez, 2007).

Aquel modelo pedagógico que prioriza la enseñanza ha sido históricamente el privilegiado porque comparte supuestos clásicos a través del tiempo; aquel que focaliza en el “aprendizaje” permite repensar prácticas universitarias que posibiliten el “aprender a pensar” y la importancia de “aprender a aprender”; aquel que se centra en la “formación” enfatiza el eje docente-alumno desde las relaciones pedagógicas alumno-alumno, docente-alumno, docente-docente, como propiciador de una dinámica de desarrollo personal apuntando a una libertad responsable y no direccional (Gatti, 2002).

La tipificación del personal docente en “ejecutivo”, “terapeuta” y “liberador”, caracteriza al primero en planificador, al segundo en guía y al tercero en potenciador de la liberación mental de cada estudiante (Fenstermacher y Soltis, 1999).

El desarrollo de un temario preestablecido, comisiones, tipo de estudiantes, idiosincrasias y subjetividades, señalan diversidad en la formulación de sentido de la práctica docente que establece la importancia de la modificación de estrategias de enseñanza ante la realidad particular de cada curso o comisión para la obtención de resultados que logren la articulación teoría-práctica, teniéndose presente que el saber de la cursada debe extenderse a la construcción de un sentido; que la construcción del conocimiento debe proponer metas y la elaboración de planes; que los errores sean parte de la construcción del saber; que se asume el acompañamiento del alumno en el proceso de encaminarse y corregir.

Esa construcción del sentido se formaliza a través de la calidad de las metas que se proponen y del esfuerzo por cumplirlas y permite que los tópicos a enseñar puedan ser aplicables a los diferentes ámbitos por los que el alumnado habrá de transitar y aplicar conocimiento sólidamente construido (Bernárdez, 2007).

Todo estudiante que inicia estudios vinculados a la planificación, al urbanismo y al diseño percibe que en esas asignaturas se presenta una situación especial cuando encuentra que la demanda de tareas a ejecutar proponen un desarrollo a través de un enfoque que muchas veces le es absolutamente desconocido colocándolo en un estado de desconcierto y ansiedad que alcanza a disiparse cuando comienza a comprender que la obtención de un resultado de cierto valor estético no puede lograrse en un instante de trabajo sino que se hace necesario estar familiarizado con tiempos de creatividad, procesos, marcos mentales y momentos que pudieran aparecer y más importante aún, con reconocer que un problema de arte admite múltiples soluciones válidas.

Tal complejidad, comprensible de alguna manera entre quienes se encuentran vinculados a carreras de grado de diseño como Arquitectura, Gráfico, Industrial, Textil e Indumentaria, de Imagen y Sonido, de Paisaje, entre otras, resulta aún mayor para quienes se relacionan con carreras de las denominadas “duras” siendo fundamentalmente importante encontrar un modo de enseñanza-aprendizaje que permita el aporte de soluciones similares ante una misma necesidad sin generar conflicto respecto a criterios específicos en Ingeniería Civil.

Un modo particular podría ser aquel que aplica el denominado “modo artista”.

El “modo artista”, como manera de participación del estudiantado, presenta cinco vías: a) la habilidad no puede ser desarrollada sin la “frecuentación”; b) existe un “vaivén ideas-práxis” a implementar; c) la “nutrición” es una tarea que permite su movilización, entusiasmo y ubicación en el inicio del recorrido; d) luego de un período experimental podrá “conocer sus fortalezas” consecuentemente también sus debilidades; finalmente aprecia el “placer en el camino” del proceso creativo.

“Frecuentación” entendida como la cantidad en el desarrollo de tareas que produce habilidades que, aunque no aseguren la calidad en el resultado, permitan la agilización y el encuentro con situaciones nuevas que deparen sorpresas en el inicio.

“Vaivén de ideas” como el trabajo de aproximación entre el hacer y la reflexión, que permita la comprensión en la reformulación de una idea inicial a través de hallazgos que, surgiendo del proceso creativo, vuelvan a ser trabajados visitando la idea tantas veces como se necesite hasta obtener el resultado deseado.

“Nutrición” como el conocer referencias que permitan una evaluación comparativa previa a la generación de ideas sabiendo encontrar aquello que nutra, movilice y entusiasme para ser tomado como base inicial para comenzar a utilizar la imaginación en la formulación de un resultado en contraposición a la de mantener libertad de influencias condicionantes en la realización de la misma tarea.

“Conocer las fortalezas” como momento en el que, luego del recorrido de las etapas mencionadas necesarias en el modo artista para la comprensión de la problemática, se comience a registrar capacidades más relevantes que provoquen satisfacción y puedan ser apropiadas para su utilización como eje en un trabajo.

“Placer en el camino” como el disfrute que se comienza a percibir cuando la incertidumbre inicial deja espacio al proceso creativo que culmina con el encuentro y la construcción de una identidad creativa personal.

La aplicación de estas vías o fases permite un ordenamiento que asegura cierto grado de certeza en alcanzar una meta pero no siempre un buen resultado y al mismo tiempo la posibilidad del libre pensamiento, fundamentales en la catalización, la agilización y la fecundación de la labor creativa en su proceso formativo.

Un buen trabajo con proceso creativo reconoce como inicio el disfrute de la preparación, como desarrollo el quehacer y como final el logro que, al poder ser repetido, permite la generación de una disciplina individual que encamina la investigación, potencia los hallazgos y estructura los conceptos desde una propia identidad creativa (Abadi, 2007).

### **3. MODO PARTICULAR DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE**

Desde una interpretación particular de los modelos pedagógicos, de los tipos de profesor y de las estrategias de enseñanza-aprendizaje se alimenta la metodología que se utiliza en “PLUS”.

El posicionamiento del personal docente dentro del modelo centralizado en la enseñanza, en el aprendizaje y en la formulación junto a la tipificación como ejecutivo, terapeuta y liberador, hace posible el planteo de los momentos diversos no a través de un mix sino cada uno a su tiempo, a veces contrapuestos, que se debe transitar dentro de cada período lectivo.

No interesa situarse exclusivamente en un modelo pedagógico y de tipificación único y estático, difícil de sostener en una asignatura en la cual se requiere creatividad, diversidad y libre acción como aspectos básicos de interpretación de teoría y de aplicación en ejercitaciones y trabajo práctico anual, fundamentales en la incorporación de competencias.



Implementar la frecuentación, el vaivén de ideas, la nutrición, el conocimiento de fortalezas y el placer en el camino, vías de la propuesta “modo artista” junto a “ideas fuerza” vinculadas a que el conocimiento se construye; a que el proceso de enseñanza-aprendizaje es comunicacional; a que la utilización de códigos de significación comunes entre docente-estudiante, estudiante-estudiante, docente-docente son imprescindibles; son motivos de posibilidad, para que el estudiantado, pueda lograr alcanzar a) una metodología de trabajo que posibilite conseguir una disciplina creativa; b) el fomento del libre pensamiento, posicionándose el personal docente en el rol de liberador; c) la canalización y el respeto de ideas y propuestas para no ser discipulado; d) la estimulación de diferentes formas de expresión a través de la utilización de herramientas comunicacionales diversas; e) la inducción a la investigación y búsqueda de información como etapa inicial; f) el desarrollo de la creatividad, a través de la frecuentación; g) la no aceptación de la primera idea sino la de fortalecer el desarrollo de la capacidad de autocritica y reflexión; h) la interactividad docente-estudiante, que posibilite una relación socio-afectiva grupal; i) la retroalimentación, como potenciadora de la relación docente estudiante y estudiante-docente; j) la implementación de un proceso que comience desde lo general y culmine en lo particular; k) un trabajo individual como búsqueda personal, vinculado a la obtención de su propia identidad creativa; l) la utilización crítica de herramientas y medios informáticos en la obtención de información valedera; m) el apoyo teórico específico para el desarrollo de la práctica con la utilización de herramientas informáticas sin descuidar el uso de medios artesanales; n) la relación teoría-práctica, mediante la proposición de la práctica en función de los contenidos y objetivos de la asignatura.

#### **4. CONCEPTOS CLAVE**

En el desarrollo de las etapas del trabajo práctico se hace necesario el manejo de ciertos conceptos que acercan al estudiantado hacia una mirada integradora, sociológica, no solamente científico-tecnológica.

##### **Comunidad**

Conjunto de interacciones y comportamientos humanos, basados en esperanzas, valores, creencias y significados compartidos entre sus miembros, conformando un sistema sociocultural. Una comunidad puede apreciarse como un sistema orgánico donde sus miembros vivan y funcionen, incluso aunque vengán o vayan, nazcan o mueran, siendo su escala variable, al punto de existir comunidades dentro de otras mayores como pueden ser municipios, provincias, regiones, países. (Bartle, 2010)

##### **Global**

Se integra por personas que sostienen relaciones y operan fuera de las fronteras, pertenecen a la sociedad internacional, son pasivas del derecho internacional, residen en países representados en la Organización de Naciones Unidas y con un origen diverso (Verga, 2011).

##### **Particular**

Grupo humano que, con un mismo origen, conservan principios, creencias o propósitos de unión a través de una metodología de vida o prácticas compartidas en un sitio geográfico en el que se radican y desarrollan sus actividades, manteniendo una relación pacífica y armónica entre miembros y respeto y cuidado por la naturaleza (Verga, 2011).

##### **Intencional**

Conformada por personas que, sin un origen común, se asocian por algún motivo específico pretendiendo alcanzar principios de afinidad y apoyo mutuo a través de una relación armoniosa en un ámbito en el que se respeta y cuida a la naturaleza (Verga, 2011).

## **Permacultura**

Término acuñado por Bill Mollison y David Holmgren, ecologistas australianos, en la década de los setenta, consistente en un sistema integrado y evolutivo de plantas perennes o autoperpetuantes y de especies animales útiles para el hombre que, en la actualidad puede ser definido como el diseño consciente de paisajes que imiten patrones y relaciones de la naturaleza, suministrando a la vez alimento, fibras y energía abundantes para satisfacer necesidades locales, siendo esencial el modo de organización de personas y edificios que ha sido causante del reemplazo de la visión inicial, vinculada a una agricultura permanente o sostenible, por una actual, asociada a una cultura permanente o sostenible. Se la indica como una filosofía de trabajar con, y no en contra de la naturaleza; de observación prolongada y reflexiva, en lugar de labores prolongadas e inconscientes; de entender a las plantas y los animales en todas sus funciones, en lugar de tratar a las áreas como sistemas mono-productivos” (Holmgren, 2007)

## **Barreras**

En un sentido amplio es todo aquello que se opone a la independencia y valimiento de las personas, tengan o no alguna limitación. La ausencia debería alcanzarse mediante caminos, no coincidentes pero convergentes como son la planificación, el diseño y la adaptabilidad a particularidades del medio físico existente (Amengual, 2010).

## **Región Plan**

Porción de territorio que prescindiendo de los límites físicos o jurisdiccionales existentes, se verá afectada por la ejecución de un análisis situacional de lo existente, por la verificación de la aplicación de un plan previo o por la proposición de un plan futuro. En ningún caso los límites de una región son precisos o definidos, pues sus características, aún las puramente físicas, se funden gradualmente con las zonas de transición. (Verga, 2003)

## **Urbanismo alternativo**

Responde a las problemáticas de la ciudad proponiendo soluciones particulares, no globalizadores ni convencionales (Verga, 2011)

## **5. LINEAMIENTOS GENERALES PARA EL TRABAJO PRÁCTICO**

Se parte de una temática marco denominada “centro urbano inclusivo y sustentable” que en el ciclo 2018 tiene como tema “Pueblo con atractivo propio” que cada equipo podrá implantar dentro de un área territorial “apta según lo sugerido por el indicador de la huella ecológica”, definiéndose su ubicación en la “costa fluvial-marítima argentina” a alcanzar a través de un plan de “nuevo centro urbano” o de “extensión urbana” según cada caso.

La consigna del trabajo sugiere el cumplimiento de condiciones generales como: a) Inclusión, implica no discriminación y multiculturalidad ; b) Sustentabilidad, siendo el marco los principios de “La Carta de la Tierra”; su implementación a través de los “Criterios de Sustentabilidad en el Desarrollo Urbano” y su resultado el alcance de los postulados del Informe ONU “Planificación de ciudades sostenibles” y además condiciones particulares como: a) toda persona que así lo deseara podría ser habitante; b) se deberá contemplar la integración de distintas culturas; c) inclusión de lo físico-ambiental, lo socio-cultural, lo legal-económico, lo expresivo-tecnológico.

El desarrollo debe ser realizado en tres etapas concatenadas a través de un proceso metodológico que comienza con la “Caracterización de la propuesta”, continua con la “determinación del predio de implantación” y culmina con el “Diseño del centro urbano inclusivo y sustentable” (Verga, 2018).

### **5.1. Caracterización de la propuesta**

Se implementa a través de un informe de investigación sobre a) Área de Planeamiento respecto a la elección de una región de planeamiento (Región Plan) y a la definición de su Sistema urbano (Verga, 2003); b) Aglomeraciones humanas similares respecto a su origen y origen y desarrollo, proceso histórico, demografía y nivel socio-económico-cultural, vinculaciones, debilidades y fortalezas, oportunidades y amenazas; c) Atractivo propio desde lo socio-cultural, económico, legal-administrativo-jurisdiccional, industrial, urbano-arquitectónico, estructural-constructivo, tecnológico, entorno, implantación, otros; d) Habitantes respecto a su conformación, su integración con la comunidad global, a su programación de necesidades. (Verga, 2018)

### **5.2. Determinación del predio de implantación**

Un nuevo informe de investigación sobre a) Sitios posibles de acuerdo a la aptitud del suelo, los resultados de la matriz de Estudio de Impacto Territorial (EsIT) (Verga, 2007) y su localización definitiva b) Predio con datos de dimensionamiento y planialtimetría. (Verga, 2018)

### **4.3. Diseño de la unidad vecinal inclusiva y sustentable**

Se muestra mediante una a) documentación escrita referida a Planteos generales y particulares respecto a Tipologías de urbanización, Exclusión de barreras y Tecnologías de mitigación; b) documentación gráfica y memorias sobre una Propuesta final, distinta en cada equipo, en la que se observen aspectos de Inclusión / Multiculturalidad, de Sustentabilidad / Ambiente, de Funcionamiento / Expresividad / Tecnología / Economía; c) Verificación del Impacto ambiental a través de la aplicación de la matriz de Estudio de Impacto ambiental (EslA) (Verga, 2007) que permita indicar acciones de mitigación en caso de ser necesarias. (Verga, 2018)

## **6. RESULTADO**

Se muestra un caso que, por la situación particular de su autor, ha podido ser concluido anticipadamente.

### **6.1. Caso “Pueblo de bicicletas”**

Se propone un centro urbano inclusivo y sustentable, abierto a la comunidad global, a ubicar en territorio argentino, más precisamente sobre la costa fluvial-marítima, cuya caracterización surgirá, en una primera etapa, del involucramiento de región plan y sistema urbano, de comunidad, de la comparación con aglomeraciones similares, entre otros; su implantación definitiva, de resultados a obtener en una segunda etapa, donde se valorarán, principalmente, aspectos de huella ecológica y de movilidad sostenible; su diseño, en una tercera etapa, en la que interesarán las anteriores para culminar ofreciendo una respuesta a través de una propuesta final. (Andrés, 2018)

Una síntesis rigurosa del desarrollo de las tres etapas se muestra a continuación:

#### ***Primera etapa***

Comienza con la elección del área de planeamiento indicando la Región Plan involucrada y su Sistema urbano (figura 1) y con un análisis de la ubicación de reservas que podría impedir, en esos sitios, la localización del pueblo (figura 2).

Se sugiere un modo de vida “permacultural” a través del cumplimiento de principios éticos y de diseño (Holmgren, 2007) que, en modo alguno, debería ser causante de algún tipo de discriminación para quien desee ser habitantes del pueblo.

Finalmente se caracteriza pretendiendo seguir los lineamientos propuestos como también distintos principios propios para que se pueda lograr el objetivo de una propuesta inclusiva, económica y ambientalmente autosustentable.

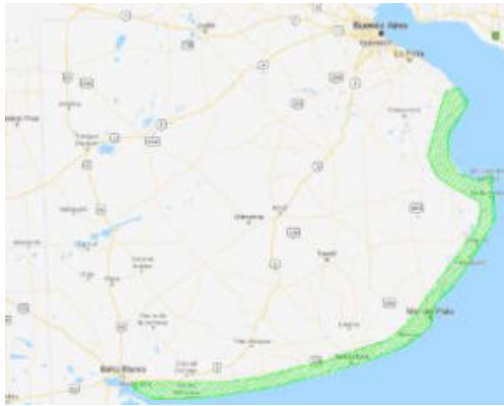


Figura 1. Región Plan

Fuente: Alan Andrés



Figura 2. Reservas

Fuente: <http://galeup.blogspot.com/2009/04/>

[blogspot.com/2009/04/](http://galeup.blogspot.com/2009/04/)

Desde el diseño urbano se propone una centralidad que albergue las principales actividades sociales, económicas y administrativas, áreas residenciales y equipamiento entre espacios verdes, buscando integrar actividades urbanas con el ambiente natural para generar armonía y convivencia que alcance un equilibrio e interrelación entre los terrenos naturales y el subsistema construido por el hombre en una zona de biodiversidad.

La movilidad se establece como esencialmente peatonal motivo por el cual se dispondrá de un estacionamiento al ingreso donde dejar vehículos particulares y de una estación de transferencias para medios de transporte interurbanos. Además se promueve el uso de sistemas alternativos de locomoción o transporte, como pueden ser la bicicleta o los triciclos eléctricos, estos últimos, con protección para lluvias, capacidad para varias personas, conducción por algún pasajero o por alguien ajeno, a ser utilizados cuando la situación lo requiera. Se promueve el uso de transportes ecológicos y se alienta al uso de medios saludables de traslado.

Desde la economía se apunta a la disposición de zonas de variadas actividades de producción artesanal regional y a centros de comercialización integrados al ambiente natural y resguardados de los efectos climáticos.

El área residencial estará dispuesta alrededor de la centralidad y las viviendas en lotes individuales con superficie adecuada para el trabajo de la tierra para producción de alimento, energía, disposición de residuos, entre otros aspectos, que permita una vida productiva, sana y sustentable.

Será primordial el aprovechamiento de energías renovables y sustentables que el sitio de implantación pueda proveer, asegurando que los frutos y la belleza de la Tierra se preserven para las generaciones presentes y futuras.

### **Segunda etapa**

Se seleccionan sitios posibles de implantación (figura 3) dentro de la región plan definida en la etapa anterior para luego ser incorporados a una matriz de Estudio de Impacto Territorial conformada específicamente para la evaluación de ellos.

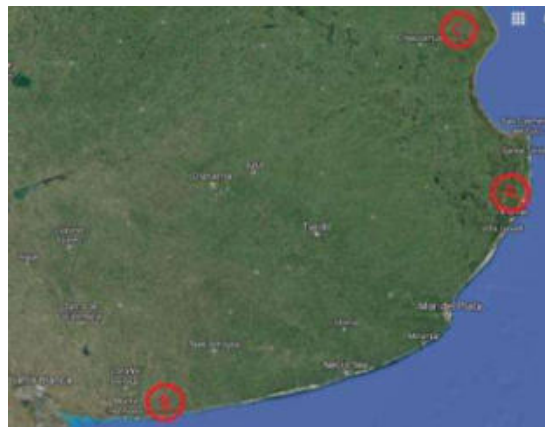


Figura 3. Sitios de implantación posibles

Fuente: Alan Andrés - Google maps

Cada sitio es incorporado a una matriz de Estudio de Impacto Territorial conformada específicamente para su evaluación para lograr alcanzar la determinación del más apto respetando aspectos de huella ecológica y movilidad sostenible. Con la localización definitiva se procede a delimitación del predio de implantación (figura 4).

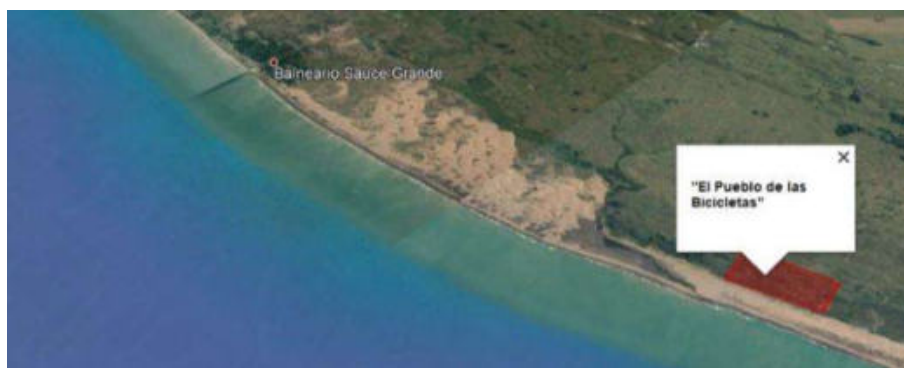


Figura 4. Predio de implantación

Fuente: Alan Andrés - Google maps

### **Tercera etapa**

Se presentan planteos generales y particulares; tipologías de urbanización; exclusión de barreras; estudio de Impacto Ambiental; tecnologías de mitigación.

Interesa mencionar que la propuesta de diseño contempla intenciones que surgen de contenidos presentes en tres documentos referenciales, ellas son: 1) Respeto y cuidado de la comunidad de la vida a través de la integridad ecológica, la justicia social y económica (integración e igualdad social) y la democracia, no violencia y paz (PNUD-SEMARNAT, 2000); 2) Propiciar una zona urbana relativamente compacta; analizar características físicas del territorio (paisaje y ecología); proteger y preservar zonas de mayor valor ecológico (incorporando vegetación de la zona como factor relevante en nuestra propuesta); crear



áreas naturales para usos recreativos; posibilitar la continuidad ecológica entre zonas verdes a través de corredores; proponer formas de equilibrar y recuperar capital natural perdido; establecer un sistema de espacios verdes abiertos y comunicados para tránsito peatonal o no motorizado; definir los límites y proyectar el borde del poblado, evitando una expansión descontrolada; análisis de las oportunidades del territorio (horas de sol, temperatura y vegetación); bases de urbanización que minimicen el impacto en la superficie virgen (mínimos movimientos de suelo, aprovechamiento de la tierra fértil para las zonas verdes y la menor impermeabilización del suelo); aprovechamiento eficiente y sostenible del agua, minimizando el uso del agua potable y aprovechando aguas grises y de lluvia (IHOBE, 2003); 3) Erradicar la informalidad urbana; crecimiento urbano reglado acompañado con la infraestructura pública esencial; tomar todos los recaudos para impedir desigualdad y pobreza; reparar en las necesidades de la población juvenil y de la tercera edad; planificar un desarrollo respetando la sostenibilidad ambiental (ONU-HABITAT, 2009).

La propuesta final resultante tiene disposición central con un eje principal funcional-formal que, desde el ingreso, aglutina sectores funcionales ubicados a ambos lados; es condición la utilización de un sistema estructural y constructivo tradicional basado en el muro portante con una cimentación tipo zapata continua (figuras 5 y 6).

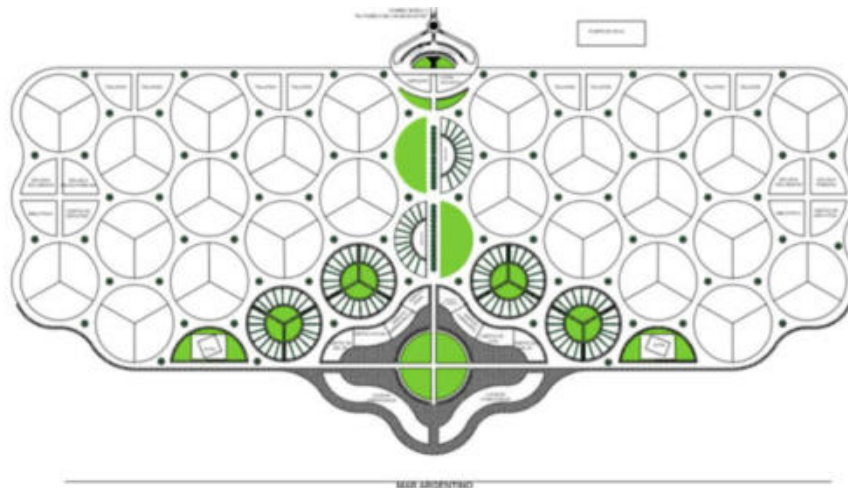


Figura 5. Planta general

Fuente: Alan Andrés



Figura 6. Volumetría general

Fuente: Alan Andrés

Particularmente el área residencial se compone de una cantidad importante de módulos (figura 7) que presentan una conformación de similitud pero no de repetición. La determinación de generar una urbanización de tipo “controlada” implica la elaboración de disposiciones contenidas en una codificación urbana y de edificación específicas para este caso. Se desea asegurar la no réplica de un modelo de vivienda tipo.



Figura 7. Módulo de área residencial

Fuente: Alan Andrés

Se ha planteado una infraestructura que permita la distribución del recurso agua obtenido de la explotación de pozos subterráneos y acumulado en tanques de reserva; la conducción de efluentes cloacales a su tratamiento en laguna de estabilización; la acumulación de aguas pluviales a cisternas acumulativas que permitan su reutilización para usos determinados; paneles solares ubicados adecuadamente proveeran la energía a establecimientos públicos y al alumbrado urbano automatizado; el acondicionamiento térmico se hará de manera natural sin uso de gas; la movilidad se asegura a través de la bicicleta y triciclos eléctricos descartándose la utilización de vehículos motorizados (figura 8)

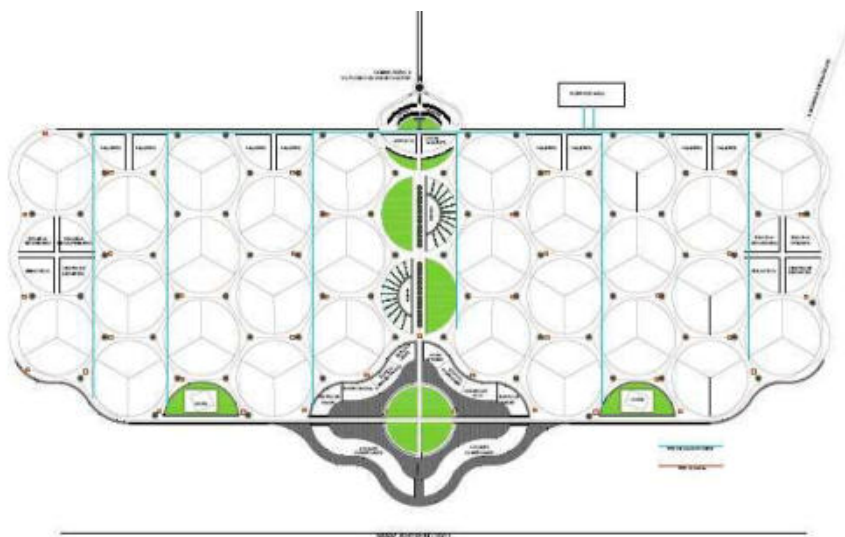


Figura 8. Infraestructura

Fuente: Alan Andrés

## 7. CONCLUSIÓN

Las temáticas incluidas en Planificación urbana sustentable, involucradas de manera conjunta, son condicionantes en la obtención de espacios de alta calidad de vida pero además fundamentales en la profundización y ampliación de conocimientos formativos de futuros egresados de Ingeniería Civil de UTN.BA en cuanto a que lo incorporado, desde una

visión vinculada a la innovación educativa y de formación, permita en su desempeño profesional ofrecer soluciones superadoras respecto a la de sus colegas.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Publicaciones:

- Amengual, C. (2010). *Barreras físicas, discapacidad visual hoy, aportes sobre la visión diferenciada*. UBA, Buenos Aires, Argentina.
- Fenstermacher y Soltis (1999). *Enfoques de enseñanza*, Amorrortu, Buenos Aires, Argentina.
- Gatti, E. (2002). *Una mirada pedagógica a la EAD*, Cátedra UNESCO / AUGM, Universidad de la República, Uruguay.
- Verga, J. L. (2003). *Urbanismo y planeamiento. P5DT1*, CEIT, UTN.BA, Buenos Aires, Argentina.
- Verga, J. L. (2007). *Ambiente. P5DT6*, CEIT, UTN.BA, Buenos Aires, Argentina.
- Verga, J. L. (2011). *Comunidad, Urbanismo alternativo, Nuevos principios del urbanismo, P5DT7*, CEIT, UTN.BA, Buenos Aires, Argentina.
- Verga, J. L. (2018). *Desarrollo programático anual de Planificación urbana sustentable*, CEIT, UTN.BA, Buenos Aires, Argentina.

Artículo en eventos:

- Abadi, S. (2007). *El estudiante trabajando en modo-artista*. En XV Jornadas de reflexión académica en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Año VII, Vol. 7, ISSN 1668-1673, Buenos Aires, Argentina.
- Bernardez, M. (2007). *El camino del conocimiento y la construcción de sentido de la práctica docente*. En XV Jornadas de reflexión académica en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Año VII, Vol. 7, ISSN 1668-1673, Buenos Aires, Argentina.
- Jiménez, M. (2007). *Modelos pedagógicos vigentes en la universidad y ejercicio de la docencia*. En XV Jornadas de reflexión académica en Diseño y Comunicación, Facultad de Diseño y Comunicación, Universidad de Palermo, Año VII, Vol. 7, ISSN 1668-1673, Buenos Aires, Argentina.

Documento electrónico:

- Bartle, P. (2010). *¿Qué es una comunidad? Una descripción sociológica*. Disponible en <http://www.scn.org/cmp>
- Holmgren, D. (2007) *La esencia de la permacultura. Resumen de Permacultura. Principios y senderos más allá de la sustentabilidad*. Disponible en <http://www.holmgren.com.au/>
- IHOBE. (2003). *Criterios de sostenibilidad aplicables al planeamiento urbano*. Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Sociedad Pública de Gestión Ambiental. Gobierno Vasco. España. Disponible en <http://www.ingurumena.net>
- ONU-HABITAT. (2009). *Planificación de ciudades sostenibles: orientaciones para políticas, informe global sobre asentamientos humanos. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos*. Londres - Sterling, VA, Reino Unido. Disponible en <http://www.earthscan.co.uk>, <http://www.unhabitat.org/grhs>
- PNUD-SEMARNAT. (2000). *La carta de la tierra*. México. Disponible en <http://www.cartadelatierra.org.mx>

Trabajos:

- Andrés, A. (2018). *Pueblo de bicicletas. Trabajo práctico anual, Planificación urbana sustentable, Ingeniería Civil*, UTN.BA, Buenos Aires, Argentina.

# ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE CONTEÚDO PARA DISCIPLINA DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO COM TERRA

Renata Benedetti Mello Nagy Ramos ([renatanagy@yahoo.com.br](mailto:renatanagy@yahoo.com.br)); Andrea Naguissa Yuba ([naguissa@gmail.com](mailto:naguissa@gmail.com))

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (UFMS-FAENG) - Brazil

**Palavras chave:** ensino, educação, graduação, sustentabilidade, tecnologia

*Atualmente no Brasil, o ensino formal sobre tecnologia de construção com terra não é usual, sendo mais comum as ações informais e, portanto, não padronizadas. A literatura nacional sobre o assunto também é escassa. A abordagem desse tema com enfoque na preservação de patrimônio é mais consolidada, havendo cursos de especialização formais e regulares nas escolas de nível técnico, mas nos temas dedicados à arquitetura contemporânea, os cursos de formação e capacitação são mais pontuais.*

*Diante da oportunidade de contribuir em educação para a sustentabilidade, este trabalho analisa experiências existentes de transmissão de conhecimento, a oferta de bons referenciais e a oportunidade de discutir o ensino do tema.*

*Nesse sentido, as iniciativas levantadas na pesquisa podem contribuir para criar um caminho pedagógico que levam ao ensino formal, caracterizado pela estruturação de conteúdos, utilização de métodos de ensino e a elaboração de programas pré-determinados a nível nacional.*

*Para tanto, foi estabelecido um recorte, focalizando no estudo de expoentes da área da arquitetura e construção com terra que despontaram do ponto de vista do ensino e servem de referencial para pesquisadores e disciplinas ministradas nessa área.*

*A partir desse panorama, o artigo apresenta conceitos, que deverão ser explorados em etapas posteriores, com resultados que servirão de base para pesquisa, cujo objetivo geral visa a análise e proposição de conteúdo para disciplina de arquitetura e construção com terra com foco na graduação da área tecnológica.*

## 1. INTRODUÇÃO:

A arquitetura e construção com terra vem sendo utilizada pelo homem desde os primórdios, mas, a disseminação das técnicas no ensino formal, acontece ainda de forma restrita e de maneira pontual. Nesse âmbito, o interesse em pesquisas e em temas relacionados ao ensino vem crescendo, em grande parte devido as discussões sobre sustentabilidade, soluções para a erradicação da pobreza, o acesso a uma habitação digna, melhores condições de vida, a dinamização das economias locais, bem como o “saber-fazer” e a preservação dos ambientes naturais e culturais. Porém, diferentemente das disciplinas regulares, são poucos os trabalhos que tratam dessa temática e que buscam soluções na educação, para alcançar a qualidade nas construções, certificações e normatização.

Segundo Neves; Farias (2011), existem diversas formas de transferir o conhecimento das técnicas de construção com terra. Há cursos que são, em geral, de natureza informal e acontecem algumas vezes com o apoio de instituições públicas ou privadas, resultando em poucos profissionais capacitados para projetar e construir com terra. São mais comuns as ofertas de cursos voltados a um contexto bastante conectado à sensibilização dos participantes, tendo como foco a vinculação de trabalhos nas áreas da permacultura, agroecologia e bioconstrução, que atinge um público leigo que busca o conhecimento por



afinidade com questões sociais e ambientais (DELAMBRE, CHAREUN, PROMPT, 2018). No Brasil, também são ofertadas oficinas em conferências, que também contribuem para a sensibilização e posteriormente a visão técnica, capacitando nessa área.

Um processo mais formalizado é ofertado pelo Sistema Europeu de Créditos para a Educação e Formação Profissional, que tem como objetivo reconhecer, validar e certificar competências aceitas em qualquer país da Comunidade Europeia. Esses cursos voltam-se aos diferentes perfis de profissionais, e percebe-se que o caráter prático está presente em praticamente toda a formação, exercitado nas categorias pedreiro, mestre e profissionais graduados (arquitetos e engenheiros). Schroeder et al. (2008), relatam a formação profissional alemã em construção de terra e também de cursos que conferem o título de Especialista. Entretanto, ao nível universitário, em Torgal; Eires; Jalali (2009), constam apenas três instituições na Alemanha que oferecem cursos sobre este tema, respectivamente a Universidade de Kassel, a Universidade de Ciências Aplicadas de Potsdam e a Universidade de Weimar (Bauhaus).

O tema é tratado parcialmente em algumas universidades brasileiras, em cursos da área tecnológica e nas disciplinas de história da arquitetura. Na área tecnológica, Segawa (1988) apud Lopes; Ino (2003), afirmam que a madeira e a terra são tratadas em aulas de técnicas construtivas tradicionais ou são desprezadas, como símbolos de arcaísmo e precariedade, primitivismo, subdesenvolvimento, pobreza crônica, no senso comum das pessoas e dos códigos sanitários.

Embora o assunto seja considerado recente, sabe-se que a educação nessa área vem sendo desenhada por diversas personalidades há bastante tempo e que desde o “renascimento” da arquitetura e construção com terra, a prática e o “saber fazer” foram sendo sistematizados e transformados por arquitetos e engenheiros. Dessa forma, esse estudo buscou analisar ações e produções teóricas, sob um olhar mais sistemático, do ponto de vista do ensino.

Nesse sentido, as abordagens realizadas por François Cointeraux (1790), como praticante das construções com terra (em especial a taipa de pilão, denominada “pisé”) e um dos responsáveis pelo seu “renascimento”, não ofusca a dos antecessores que fundaram as bases do conhecimento enciclopédico e que abriram o caminho para a elaboração dos diversos documentos escritos, como Vitruvius em “Tratado de Arquitetura” (27 a.C.), considerado um clássico, escrito numa época em que o conhecimento era dominado por uma elite e transmitido através de escolas de acesso limitado (RUA, 1998).

A vivência de Hassan Fathy (FATHY, 1980), na construção da cidade de Nova Gurna (Egito) em 1946, utilizando-se dos recursos humanos da própria comunidade, também demonstra a capacidade do arquiteto como “instrutor” e transmissor do conhecimento ao elaborar meios para a realização das tarefas necessárias às atividades da construção pelos camponeses, possibilitando a recuperação de técnicas da construção tradicional em terra e o empoderamento do trabalhador, a partir do treinamento dos mesmos no local de trabalho.

A qualidade, implícita na diversidade de soluções mais sustentáveis e inovadoras, que promovem a otimização durabilidade, consumo, materiais, entre outros, intimamente relacionadas aos novos conceitos empregados em empresas no setor da construção civil, principalmente em países desenvolvidos, são assuntos que caminham paralelamente em grande parte dos cursos profissionalizantes e de pós-graduação europeus e são estudados pelos professores investigadores da Universidade do Minho em Portugal, Fernando Pacheco Torgal e Said Jalali.

Assim, dadas múltiplas experiências existentes, tanto históricas como contemporâneas, a oferta de bons referenciais e a oportunidade de discutir o ensino do tema, a presente pesquisa tem como problemática, conhecer os processos de educação em que se inserem



os expoentes nessa temática, envolvendo os diversos espaços, formatos, conteúdos produzidos e que são utilizados na transmissão do conhecimento da arquitetura e construção de terra na atualidade.

## 2. OBJETIVO E MÉTODO

Do ponto de vista do objetivo, a pesquisa teve caráter exploratório e a abordagem do problema foi qualitativa. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica que contempla a análise de conteúdos, com o panorama de cada uma das referências estudadas.

A partir dessa caracterização, o artigo apresenta a primeira etapa da pesquisa, em que se buscou explorar as potencialidades de expoentes históricos e contemporâneos para a identificação e determinação dos conceitos básicos na área pedagógica, que deverão ser explorados em etapas posteriores. Os respectivos resultados servirão de base para a dissertação em andamento, cujo objetivo geral, visa a análise e proposição de conteúdo para disciplina de arquitetura e construção com terra, com foco na graduação da área tecnológica. O legado, os conceitos e abordagens a partir dos autores frequentemente citados em produções científicas, marcaram as discussões sobre a educação dentro dessa temática.

Pontos importantes do contexto pedagógico foram analisados e estudados em paralelo aos feitos de profissionais como François Cointeraux, Jean Rondelet, Hassan Fathy, Célia Neves, Jean Dethier, Gernot Minke, Patrice Doat, Hugo Houben, Hubert Guillaud, Fernando Pacheco Torgal e Said Jalali, responsáveis pela produção de dezenas de títulos, tais como livros, brochuras simples, conferências, experiências, descrições de modelos, panfletos, catálogos, que servem de base em pesquisas e em disciplinas específicas sobre o tema.

Nesse contexto, vale refletir sobre as trajetórias marcadas pelos engajamentos nessa área, implicando não somente no mapeamento de lugares e épocas que tais indivíduos circularam, mas principalmente, na extração de informações importantes relacionadas ao processo de transferência do conhecimento na área da construção com terra.

Para resumir, os procedimentos metodológicos trabalhados neste artigo, foram delineadas 2 etapas respectivamente (tabela 1).

Tabela 1. Etapas e produtos da pesquisa

Etapa	Modo	Produto
<ul style="list-style-type: none"><li>• Analisar as contribuições dos expoentes e suas propostas para proporcionar um aprendizado de arquitetura e construção com terra;</li><li>• Classificar e organizar um acervo dos dados coletados.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Levantamento de livros disponíveis para download e para compra.</li><li>• Digitalização de livros</li><li>• Revisão bibliográfica por autor.</li><li>• Agrupamento de conteúdos.</li><li>• Separação por nome dos autores e títulos de publicações.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Capítulo de embasamento teórico.</li><li>• Pasta em formato digital, com arquivos em pdf e jpg, classificados por assunto.</li></ul>

### ***Etapas 1 e 2: analisar as contribuições dos expoentes, classificação e organização do acervo dos dados coletados***

Foram realizadas leituras para a identificação de personalidades que se destacaram nesse processo, com o interesse particular em autores mais frequentes na literatura levantada e que apresentaram potencialidades pedagógicas. Foram identificadas ações e produções, que que repercutiram no delineamento de estratégias de ensino na área da arquitetura e construção com terra. Logo, os livros, manuais e realizações desses autores, fundamentam

o embasamento teórico da pesquisa, com a identificação de abordagens que repercutem na atualidade.

- a. O pioneirismo da construção moderna em taipa - François Cointeraux (1785): Figura frequente nas dissertações que tratam de arquitetura de terra, e um dos primeiros empreendedores a interessar-se pelas construções rurais na área agrônômica e a modernizar a utilização da taipa. Suas primeiras experiências com as técnicas foram como praticante, e posteriormente escritas através do relato de sua experiência pessoal com a utilização da terra como material e tem em suas publicações "*Cahiers d'Architecture Rurale*" (Cadernos de Arquitetura Rural), as transcrições do conhecimento teórico e prático adquirido no canteiro de obras.
- b. Teoria e prática na arte da construção com terra - Jean Rondelet (1840): professor na Escola de Belas Artes e membro do conselho de edifícios civis durante o Império napoleônico, seu tratado sobre a arte da construção (publicado pela primeira vez em 1802), intitulado "*Traité pratique théorique et de l'art de bâtir*" (Tratado Teórico e Prático sobre a Arte de Construir), o coloca entre os teóricos mais importantes da construção de seu tempo e os seus conhecimentos de alvenaria lhes permitiu inventar métodos ousados de construção, que abriram o caminho para o uso de novos materiais.
- c. A arquitetura para os pobres e a autoconstrução assistida - Hassan Fathy (1980): pioneiro do desenvolvimento sustentável na arquitetura e o precursor da autoconstrução assistida, escreveu em 1973 o livro "Construindo com o povo: arquitetura para os pobres", traduzido para o português em 1980, no qual relata a sua experiência quando contratado pelo governo em 1945 para realizar o projeto de uma nova vila perto de Luxor, no Egito, para realojar 7.000 camponeses que viviam na aldeia de Gurna, localizada sobre um sítio arqueológico.
- d. A transferência de tecnologia no Brasil e em países Ibero-americanos - Célia Neves (1976): atuante na coordenação de eventos e comissões científicas como TerraBrasil e SIACOTS (Seminário Ibero-americano de Arquitetura e Construção com Terra), contribui para a divulgação da arquitetura e construção com terra na atualidade, além da produção artigos científicos voltados às discussões que incluem a identificação de mecanismos para a transferência de tecnologia e organização de manuais e cartilhas muito utilizadas por acadêmicos, pesquisadores e profissionais com interesse na área, tais como "Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra - Práticas de campo" (PROTERRA, 2009) e Técnicas de construção com terra (PROTERRA, 2011).
- e. Memórias, experiências e as influências de uma tradição milenar - Jean Dethier (1981): influências das ricas raízes culturais africanas, compartilhadas através da exposição denominada "Arquiteturas da Terra: o futuro de uma tradição milenar" (organizada pelo mesmo, em meados dos anos 1980 no Centro Georges Pompidou – França).
- f. Do laboratório à prática da bioconstrução - Gernot Minke (1994): divulgador da arquitetura mais sustentável, bioconstrução e também responsável por levar a questão para universidade e os primeiros estudos em laboratório sobre construção com terra, é considerado um dos responsáveis pela inserção dos temas da arquitetura e construção com terra no campo da pesquisa, da literatura e de oficinas na Alemanha e no mundo.
- g. Diálogos entre publicações e o reconhecimento de uma distinta disciplina - Patrice Doat, Hugo Houben, Hubert Guillaud (1989): membros fundadores da associação CRATerre (*Centre de Recherche et Application de Terre*), ligada à Escola de Arquitetura de Grenoble (França), desenvolvem pesquisas na área desde os anos 70, são autores de inúmeras publicações que tratam dos materiais, técnicas e arquitetura.
- h. A terra como material inovador e ecoeficiente - Fernando Pacheco Torgal, Said Jalali (2009): apresentam os conceitos a respeito da inovação e da ecoeficiência a partir da utilização de materiais baseados em nano e biotecnologia, biopolímeros e aditivos

biotecnológicos e sustentabilidade. Retratam as potencialidades de caráter científico que consistem sobretudo no desenvolvimento de soluções de estabilização do solo que trazem melhorias significativas em termos de durabilidade, economia e estética à construção com terra.

Para formar um acervo que atendesse as expectativas de composição dos conteúdos, valeu-se de diferentes estratégias: os livros emprestados e adquiridos foram digitalizados integralmente quando se tratava do tema na sua totalidade e partes de capítulos quando identificados entre os outros conteúdos. Os arquivos foram salvos, nomeados de acordo com o autor estudado, tendo como resultado, pastas digitais organizadas e conteúdo para análise e desenvolvimento de texto referente a revisão.

Além dessas personalidades, durante a realização da pesquisa, as seguintes instituições despontaram no levantamento de dados: Laboratório de Pesquisa em Construção Experimental-Universidade de Kassel/Alemanha; Laboratório CRATerre - Escola de Arquitetura de Grenoble/França; Centro de Pesquisa e Desenvolvimento (CEPED) /Bahia, através do programa de Tecnologias de Habitação (THABA);

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a metodologia estabelecida, é possível inferir que a busca pela implementação das técnicas de construção com terra foi além das publicações. Nesse ponto, autores como Cointeraux entendia que os aprendizes deveriam praticar o conhecimento aprendido e a partir dessa ideia, abre em 1785, sua primeira escola de arquitetura rural em Grenoble denominada "*École d'Architecture Rurale*" (Escola de Arquitetura Rural), um curso público, cujo modelo foi reproduzido posteriormente em Paris.

Inventor do termo "agritetura" disciplina que liga arquitetura e agricultura, buscou difundir em seus cadernos os benefícios e o passo a passo da construção com terra. A publicação "Escola de Arquitetura Rural, ou Lições pelas quais aprenderá a construir solidamente casas de vários andares somente com terra, ou outros materiais mais comuns e com menor preço" mostra as vantagens e as possibilidades da autoconstrução com materiais locais.

À frente de seu tempo, já havia identificado naquela época as vantagens da construção com terra: rapidez da construção; custo mínimo; economia de madeira; isolamento térmico; resistência ao incêndio; solidez e durabilidade.

As técnicas exibidas por Cointeraux, em suas publicações, também foram tomadas quase que imediatamente por Jean Rondelet, no seu tratado sobre a arte da construção na primeira metade do século XIX, composto por uma série de 10 livros em cinco volumes, cuja a pretensão era criar uma ciência da construção, tratando o edifício do ponto de vista estrutural e construtivo. Pode-se dizer que suas publicações são consequência da abertura de espaço para outros princípios construtivos, iniciada por seus antecessores, como Vitruvius e Cointeraux. Rondelet ressalta que a arte de construir é compreendida em teoria e prática. Para o autor, a perfeição dessa arte depende da união dessas duas partes, sendo que a teoria dirige todas as ações da prática.

O legado do seu tratado fica em evidência até o século XX, quando a partir de então, a estrutura reforçada com pilares de concreto e vigas, por razões de economia e rapidez de execução, se sobrepõe às técnicas construtivas tradicionais. Assim, com a predominância do concreto, parte importante dos movimentos modernistas utilizaram-se do material devido a sua resistência, praticidade e as múltiplas possibilidades de uso.

Apesar desse fato, a luta contra a hegemonia das construções modernistas e as questões de um mundo em transformação, são interpeladas pela busca de soluções de habitação socialmente acessível, baseadas na tradição ancestral dos métodos de construção integrada ao meio ambiente. Desse ponto de vista, a busca e a utilização de materiais de

baixo custo para as habitações e a criação de um sistema de construção comunitária, são pontos relevantes da biografia escrita por Fathy. A problemática vivenciada na época, levou o arquiteto a escolher a terra como material de construção, devido às características compatíveis ao clima característico da região (zona quente e árida) e a exigência de soluções arquitetônicas adequadas que proporcionassem o conforto das pessoas no interior das construções. O contato com pedreiros capazes de construir segundo a tradição da Núbia, foi um ponto particularmente interessante em sua biografia, tendo revelado uma inversão de posições no campo técnico.

A estratégia criada para treinar os futuros moradores das habitações que seriam construídas, se diferenciava do ensino formal, consistindo no treinamento dos aprendizes no próprio serviço, isto é, ensinava ao homem do campo os elementos da construção na prática. Fathy (1980), ressalta diversas vezes em sua obra que um sistema de construção cooperativa só funcionaria caso o trabalho de um homem pudesse ser registrado como um empréstimo à sociedade pago sob forma de uma construção, ou seja, o motivo básico para a doação de tempo e trabalho que existe no mutirão seria o desejo de se receber o mesmo tipo de ajuda mais tarde (FATHY, 1980). A ideia de troca (de trabalho e conhecimento) foi a base para a elaboração do treinamento que seria aplicado à comunidade de Nova Gurna. Desse modo, a autonomia dos habitantes era incentivada através do fornecimento de instrumentos e conhecimentos com o aumento do capital tecnológico dos camponeses que os auxiliariam na construção da sua própria casa

A história e as soluções externalizadas ao longo da vida do arquiteto, motiva a pesquisa e a extração de conteúdos por pesquisadores e profissionais. Dessa forma, identifica-se uma diversidade de possibilidades de se extrair conteúdo da história contada por Fathy. A utilização de partes do livro como referencial teórico em pesquisas que tratam de assuntos voltados ao empoderamento social, capacitação de mão de obra, patrimônio cultural, história e atlas da arquitetura de terra é uma dessas possibilidades.

Também é possível utilizar a narrativa de Fathy (rica em detalhes) em assuntos como mutirão e treinamento em serviço, para elaborar e estruturar cursos de capacitação de construção com terra.

Após contemplar a abordagem de trajetórias que estimularam a interlocução entre os diferentes campos do saber (erudito, popular e técnico), resultando nas primeiras tentativas de formulação de uma tecnologia de construção com terra no final do século XIX, percebe-se a inserção do assunto em programas de investigação científica desenvolvidos em centros de pesquisas e em universidades.

A visão tecnológica do material e os diferentes meios de difusão das técnicas, são temas discutidos a partir de autores que apresentam o interesse em avançar na capacitação técnica-científica e na remoção dos entraves verificados no processo de difusão dos conhecimentos. Nesse meio, o conjunto dos conhecimentos sobre os processos e meios de transformação dos objetos de trabalho, parte do conceito das “tecnologias apropriadas”. Por isso, quando se fala em tecnologia, em grande parte das ocasiões remete-se às aplicações práticas do conhecimento científico ao cotidiano das empresas e instituições. Esse conceito traduz as transformações do conhecimento informal (passado de geração em geração de forma oral), em conhecimento formal (conhecimento sistematizado ensinado nas escolas) e que pode sofrer adequações quando implementado.

Nesse contexto, diversas propostas e concepções tecnológicas genericamente denominadas tecnologias apropriadas, desenvolvidas nas décadas de 1960 e 1970 como alternativas às tecnologias em uso nos países desenvolvidos, cumpre um importante papel na área da pesquisa e da capacitação técnica, voltada às construções com terra no Brasil, mas também em países Ibero-americanos. Nesse âmbito, pesquisas realizadas no Centro

de Pesquisas e Desenvolvimento da Bahia – CEPED (1976 a 2009), rendeu publicações importantes para a área da arquitetura e construção com terra, como o “Manual de construção em solo-cimento” (1984), bem como a elaboração de textos sobre construção com terra, especialmente sobre normalização das técnicas de adobe, taipa de pilão, paredes monolíticas, tijolos e blocos de solo-cimento e técnicas mistas (taipa-de-sopapo).

Nesse campo, Neves vêm se dedicando ao aprimoramento das técnicas através do estudo da transferência de alternativas tecnológicas de construção por meio da promoção de cursos, programas de treinamento, elaboração de manuais e cartilhas, apresentação de palestras em eventos diversificados e técnicos. A identificação de processos e mecanismo que envolvem a aprendizagem nesse âmbito, são incorporados aos textos produzidos pela autora a partir da sua experiência prática e de outros pesquisadores de relevância nessa área, tendo como uma das preocupações o fornecimento de informações necessárias para a capacitação, bem como a avaliação do tipo de procedimento adotado.

Ao sistematizar as formas e os processos de transmissão dos conhecimentos e da transferência de tecnologia nessa área, em um dos artigos, Neves (2004) identifica as ações correspondentes aos domínios da arquitetura e construção com terra, agrupando-as em atividades tipificadas em duas categorias distintas (difusão e aplicação) que estão respectivamente relacionadas às classes produtora e consumidora, conforme a natureza da transferência. Dessa forma, a sistematização realizada pela autora contribui para conceituação e o emprego dos termos de maneira adequada, apontando para uma das preocupações da classe produtora de conteúdo, que envolve a exploração de formas de difusão e de aplicação com propósito de fornecer as informações necessárias para a capacitação, bem como avaliar os procedimentos adotados.

Não há dúvidas, que as divulgações das técnicas perpassam os meios acadêmicos e científicos, sendo possível explorá-las através da exposição de experiências vividas. As exposições e materialização de construções em protótipos, utilizada por Jean Dethier (arquiteto e urbanista belga), permitiu a divulgação dos conhecimentos adquiridos no âmbito da arquitetura e construção com terra, decorrente das suas experiências no Norte de África. A exposição denominada “Arquiteturas da Terra: o futuro de uma tradição milenar”, ocorrida em 1981, oportunizou tanto ao público leigo como ao especializado, o acesso à informação, integrando de modo simplificado, o saber científico à tradição histórica materializada pelas construções de caráter vernacular. O evento também proporcionou a publicação de um livro, com 192 páginas ricas em ilustrações e informações. Assim, o conteúdo ora exposto naquela ocasião, pôde vencer as paredes do Centro Georges Pompidou e alcançar aos diversos interessados pelo tema em várias partes do mundo.

O livro “*Des architectures de terre ou l’avenir d’une tradition millénaire*” (Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar), figura entre as páginas das referências bibliográficas, sendo também apontado como importante leitura quando se fala em culturas construtivas. Seus capítulos apresentam a diversidade das formas da arquitetura de terra e os aspectos intrínsecos dessas construções (conforto térmico, métodos de construção, ornamentação, reabilitação de construções, entre outros). Nesse contexto, as ações realizadas por Dethier, além de ter despertado entusiasmo de dimensão internacional, foram responsáveis pelo o interesse dos tomadores de decisão e profissionais para novos projetos nos países industrializados e em desenvolvimento. Ou seja, permitiu a identificação de possíveis demandas que representavam oportunidades concretas de aplicação de tecnologias, que até aquele momento, não eram cogitadas pelo mercado da construção.

Os fatos mencionados, impulsionaram o arquiteto belga levar a adiante as suas ideias, através de parcerias com o CRATerre, para a construção de um bairro social experimental que demonstrasse a viabilidade técnica, econômica e sociocultural da construção em terra crua, batizado de “*Domaine de la Terre*” (Domínios da terra), construído perto de



Lyon/França entre 1982 e 1985. O bairro nasceu decorrente dos efeitos ainda sentidos pelo choque do petróleo em 1973 que deram impulsos às pesquisas destinadas a reduzir o consumo de energia na construção.

A operação considerada inovadora mostrou que as possibilidades arquitetônicas do uso da com terra em habitações, permitem não só apostar na estética das construções mas também na redução do consumo de energia e materiais, tornando as edificações construídas mais sustentáveis. Guillaud (2011), cita 5 lições sobre essa experiência (tabela 2):

Tabela 2. Lições relevantes sobre a experiência da construção do “*Domaine de La Terre*”

1	O bairro é visitado por grande número de profissionais e delegações oficiais de países estrangeiros, dando origem a outras vocações e projetos na Europa e no mundo;
2	A falta de regulamentações técnicas, em particular térmica e estrutural, apesar da existência de recomendações estabelecido pelo CRATerre, constituiu uma grande desvantagem, particularmente no que diz respeito ao controle técnico;
3	O treinamento de arquitetos, engenheiros e contratados se faz absolutamente necessário para uma otimizar as características do material (inércia e regulação);
4	Mesmo sendo considerado uma operação singular recebeu críticas quanto aos custos das habitações, por não serem compatíveis com os programas de habitação social;
5	Seu valor foi reconhecido, e desde 2008 foi listado entre os 45 tesouros de desenvolvimento sustentável da Região Rhône-Alpes.

A inserção dos temas da arquitetura e construção com terra no campo da pesquisa, da literatura, deve-se ao empenho de professores como Gernot Minke, divulgador da arquitetura mais sustentável, bioconstrução e também responsável por levar a questão para universidade e os primeiros estudos em laboratório sobre construção com terra em Kassel, na Alemanha.

A crescente busca por cursos voltados à arquitetura mais sustentável, em especial à bioconstrução (termo utilizado para caracterizar construções de baixo impacto, em que a preocupação ecológica está presente desde sua concepção até sua ocupação), foi uma das responsáveis pela sua popularização nesse meio. As técnicas e práticas por ele desenvolvidas, passaram a ser usadas e divulgadas amplamente devido a cursos desse tipo, oferecidos em diversos países.

Além de cursos e oficinas, seus livros publicados com temas voltados à arquitetura de terra, como o livro *Manual de Construção com Terra: uma arquitetura sustentável* (MINKE, 2015) e as publicações em inglês “*Earth Construction Handbook: The Building Material Earth in Modern Architecture*” (MINKE, 2000) e “*Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*” (MINKE, 2012) popularizaram o assunto entre o público com um perfil variado. Em seus livros, os processos de construção, são apresentados desde as suas generalidades, permeando os passos correspondentes à preparação do solo, melhoramento de características com aditivos e estabilizantes, alcançando a descrição das técnicas construtivas.

A descrição das técnicas também apresenta-se de maneira sistematizada e didática a partir de publicações importantes, como é o caso do livro “*Traité de construction em Terre*” (Tratado de Construção da Terra) de Guillaud; Houben (1995), traduzido para inglês, espanhol e russo. Um trabalho de referência a nível global (considerado o manual mais completo sobre o tema), é possível encontrar a classificação das técnicas construtivas agrupadas em três categorias ou sistemas construtivos (alvenaria, monolítico e misto), com a definição de um diagrama que reúne as técnicas tradicionais e contemporâneas muito citado em pesquisas acadêmicas.

Ao analisar as publicações dos autores também integrantes do CRATERRE (França), pode-se notar, que os livros publicados acompanham o cuidado e a busca pela qualidade das construções produzidas com terra. Nesse sentido, entende-se que a qualidade nas construções não compreende apenas o resultado do aprimoramento das técnicas, dos componentes, ferramentas e métodos de gestão e controle, abrange também todas as atividades e o processo de produção de obras. Ou seja, as atividades referentes às funções planejamento e projeto, execução e manutenção e restauração de obras. Nesse sentido, o CRATERRE também desenvolveu novos métodos de ensino, que dialogam com a manipulação do material até o local de treinamento. A capacidade de inovação e integração multidisciplinar é reconhecida e inspira muitas instituições ao redor do mundo.

A esse respeito, grandes projetos que envolvem diversos parceiros europeus e internacionais, como os “*Grands Ateliers*” (Grandes Oficinas), a Cátedra da UNESCO e a África 2009 são exemplo seguidos por outras instituições. Devido a atuação em diversas frentes, e a complexidade dos assuntos, agrupa todas as funções e atribuições em 5 grandes áreas de atividade, conforme é descrito na tabela 3.

Tabela 3. Áreas de atividades do Craterre

Materiais	atua na análise de solos e criação de laboratórios a partir do conhecimento prévio adquirido com o longo período de experiência, controle de qualidade e contribuições quanto às políticas nacionais de normalização.
Conservação do ambiente construído com terra	realiza análises e diagnósticos, treinamento de pessoal, principalmente do quadro de gestão pública prestando serviços de assistência na indicação ao Patrimônio Mundial e na elaboração de inventários de patrimônios e atlas.
Intervenções de Assentamentos Humanos	realizam diversos estudos econômicos do setor da construção e estudos dos contextos (social, ambiental, físico) dos quais estão inseridos os assentamentos, oferecem assistência com gerenciamento de projetos e treinamento da mão de obra (pedreiros e empreiteiros).
No ensino	oferecem treinamento aos instrutores, professores. Atuam também na definição de programas e definição de currículos no âmbito de escolas técnicas e universidades. Organizam seminários e reuniões internacionais que têm como objetivo a discussão de parâmetros e metodologias baseadas em experiências extraídas de diversas partes do mundo.
Conscientização e informação	contribuem com a montagem de exposições interativas sobre as arquiteturas de materiais e terra, bem como a organização de eventos que objetivam a divulgação.

Fernando Pacheco Torgal, Said Jalali, também são autores com produções bibliográficas em que se defende os aspectos da qualidade implícita na diversidade de soluções mais sustentáveis. Nesse sentido, pode-se apontar na literatura produzida pelos autores, as publicações “Construção em terra” (2009) e “A sustentabilidade dos materiais de construção” (2010). O livro “Construção em terra” é direcionado aos acadêmicos e profissionais do setor da construção. Aborda o contexto dos materiais de construção com vista a uma maior sustentabilidade oferecendo ao leitor a oportunidade de atualização técnica e científica.

O livro “A sustentabilidade dos materiais de construção”, aborda os possíveis contributos dos materiais de construção, com vistas a uma maior sustentabilidade e os elevados impactos ambientais ao nível da extração de grandes quantidades de matérias-primas não renováveis, de consumos energéticos e das conseqüentes e emissões de gases responsáveis por efeito de estufa.

A partir do exposto, as lições aprendidas a partir dos autores estudados, apresentam-se resumidamente na tabela 4.

Tabela 4. Lições aprendidas com o estudo dos expoentes

Cointeraux e Rondelet	elaboração de manuais que descrevem a técnica e mostram que não só as ferramentas devem ser apresentadas ao aprendiz, mas também a metodologia envolvida em forma de “passo a passo” unindo a teoria á prática.
Hassan Fathy	debate direcionado à aplicação da dimensão social do arquiteto e urbanista, resgate de tecnologias e da categorização do arquiteto vinculado às diferentes classes sociais (dimensão social da arquitetura e construção com terra), atitude que segue inspirando não só os profissionais da área, mas também acadêmicos que visam uma atuação social focada em assistência técnica, oportunizada em alguns cursos de graduação. prática e treinamento no local de trabalho (relacionado a aquisição de competências), foco na promoção da autonomia tendo como objetivo a criação de alternativas de trabalho e consciência coletiva, simbolizando o empoderamento da classe social desprovida de recursos financeiros e de habitação, troca de saberes tradicionais, com o objetivo de treinar os trabalhadores em campo. inspiração para a produção de uma arquitetura coerente e adequada às condições climáticas e culturais (arquitetura vernacular). espaços não formais devem ser considerados, pois contribuem para a aplicação de metodologias que conduzem ao aprendizado do aluno.
Celia Neves	sistematiza as formas e os processos de transmissão dos conhecimentos quanto a transferência de tecnologia da construção com terra, entendendo que existem atividades apropriadas à difusão e outras à aplicação. demonstra que as naturezas de transferência de tecnologia e as classes produtoras e consumidoras se conectam e se inter-relacionam.
Dethier	a difusão e aplicação também se relacionam às experiências em escala real para impulsionar a tomada de decisões e a exposição de elementos e habitações construídas com terra. materialização de uma ampla diversidade de estratégias de desenvolvimento nas comunidades envolvidas: a nível local, regional e nacional.
Doat, Houben Guillaud (CRAterre); Minke (Universidade de Kassel)	inserção do tema no ambiente acadêmico com vasta produção literária (manuais e livros), atualmente embasam cursos e pesquisas na área de arquitetura e construção com terra; evolução na forma de ensinar. multidisciplinaridade para alcançar os aspectos do patrimônio mundial, habitação tradicional, técnicas de construção, materiais locais e inovações.
Torgal e Jalali	inovações no âmbito da construção com terra que permeiam as melhorias consideradas significativas em termos de durabilidade, economia, sustentabilidade e estética

#### 4. CONCLUSÕES

A pesquisa buscou entre os diversos aspectos da arquitetura e construção com terra, entender e analisar um ponto ainda recente e não tão explorado, a educação. Percebe-se que as trajetórias dos expoentes apontam para a retomada das técnicas a partir de 1785. Nessa cronologia, a data de 1785, marca as ações em prol da disseminação da arquitetura e construção com terra, a partir de abordagens teóricas difundidas na França e no mundo afora, pela abundante produção impressa de François Cointeraux.

Essa produção tem como consequência o reaparecimento das técnicas e o dito “renascimento” da arquitetura e construção com terra, fazendo com que se tornasse mais

frequente as ocorrências que levaram a difusão e a aplicação das tecnologias construtivas na Europa e em outras partes do mundo, coincidindo com a crise do petróleo em meados de 1973. A partir desse fato e da sistematização dos conteúdos da arquitetura e construção com terra por Cointeraux, outros autores trilharam caminhos parecidos, como Rondelet (1802), que além de ser uma figura importante para a historiografia da construção civil, enfatizou a prática da construção com terra através da teoria em seu “Tratado teórico e prático da arte de construir” contribuindo para a divulgação das técnicas no meio acadêmico e profissional.

Após analisar e descrever ações e produções, vale destacar que passado e no presente, esses acontecimentos relacionam-se de alguma forma com os diferentes meios de transferir as tecnologias. Os personagens que participaram e contribuíram para essa história, repercutiram de maneira positiva, atuando como escritores, expositores e instrutores.

A partir do exposto, percebe-se que esse caminho ancora-se também no ensino não-formal e informal, em que se baseia a teoria e a prática do processo de ensino aprendizagem, contribuindo de forma significativa para o ensino formal na área da arquitetura e construção com terra.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livro completo:

- Palange, I. (2017). *Espaços educativos e suas mobilidades. Série Universitária. São Paulo: Editora Senac São Paulo.*
- Rua, M. H. *Os dez livros de Vitruvius. Departamento de Engenharia Civil- Instituto Superior Técnico, Lisboa, 1998.*

Capítulo de livro:

- Schroeder, H.; Rohlen, U.; Jorchel, S. (2008) *Education and Vocational Training in Building with Earth in Germany. 5th International Conference on Building with Earth – LEHM 2008, Weimar, Germany, pp.193-197.*

Artigos em eventos:

- Lopes, W. G. R.; Ino, A. *O emprego da terra crua em edificação de baixo custo. Adaptada ao clima do nordeste do Brasil. Anais... Actas del II Seminario Iberoamericano de construcción con tierra [Recurso electrónico]: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, 18 y 19 de septiembre de 2003. Mairela Libros, 2004. p. 92-102.*
- Mattaraia, R. A.; Lopes, W. G. R.; Matos, K. C. (2014). *Análise de durabilidade de argamassa de revestimento em construções com terra. In: Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, 5, Viçosa. TerraBrasil 2014: Anais... Viçosa: Rede TerraBrasil; UFV, 1 CD-ROM*

Documento eletrônico:

- Gonçalves F.; Dias, M. G. B. B. *Coerência textual: Um estudo com jovens e adultos. Psicologia: Reflexão e crítica, 2003, 16 (1), pp 29-40. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-79722003000100005&script=sci\\_abstract&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-79722003000100005&script=sci_abstract&lng=pt)>. Acesso em 16 jul. 2018.*
- Guillaud, H. *Domaine de la Terre en Villefontaine (Isère, France): balance de una experiencia ejemplar. Informes de la Construcción Vol. 63, 523, 171-174, julio-septiembre, 2011. Disponível em <<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1263/1348>>. Acesso em: 20 Set. 2017.*
- Jaquin, P. A. (2008). *Analysis of historic rammed earth construction. Durham theses, Durham University. 2008. <Disponível em: <http://etheses.dur.ac.uk/2169/>> Acesso em: 22 ago. 2018.*
- Neves, C. M. M; Faria, O. B. (Org.). (2011). *Técnicas de construção com terra. Bauru: FEB-UNESP / PROTERRA, 79 p. il. Disponível em:*

- <[http://www.promemoria.indaiatuba.sp.gov.br/arquivos/proterra-tecnicas\\_construcao\\_com\\_terra.pdf](http://www.promemoria.indaiatuba.sp.gov.br/arquivos/proterra-tecnicas_construcao_com_terra.pdf)> Acesso em: 05 jun. 2016.
- Recuero, R. C. (2009). *Redes sociais na Internet*. Porto Alegre: Sulina, Disponível em: <<http://www.ichca.ufal.br/graduacao/biblioteconomia/v1/wpcontent/uploads/redessociaisnainternetrecuero.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2018.
  - Torgal, F. P.; Eires, R.; Jalali, S. (2009). *Construção em terra*. Tecminho, Disponível em :<<https://core.ac.uk/download/pdf/55628428.pdf>> Acesso em: 05 maio 2018.
  - Westerwick, A. (2013) *Effects of sponsorship, web site design, and Google ranking on the credibility of online information*. *Journal of Computer-Mediated Communication*, v. 18, n. 2, p. 194-211. Disponível em:< <https://academic.oup.com/jcmc/article/18/2/194/4067497>> Acesso em: 15 jul.2018.
  - *Dissertações e Teses*: Lima, H. (2014). *As contribuições do Instagram na formação da cultura digital da sociedade contemporânea*. Orientador: Bruno Picci. 2014. 114 f. *Dissertação (Mestrado em Educação)* – Faculdade de Ciências Humanas. Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, SP.



## PROGRAMA DE EDUCACIÓN VERDE “DESARROLLANDO CONCIENCIA”

Juan Pablo Arroyo ([jarroyo@enersa.com.ar](mailto:jarroyo@enersa.com.ar))

Energía de Entre Ríos S.A. (ENERSA) / Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Paraná (UTN - FRP) - Arg.

**Palabras clave:** Educación, Ambiente, Desarrollo Sustentable, Cambio Climático

*Actualmente en la Argentina, la educación formal de los niveles primario y secundario de las escuelas, carece de materias y programas de estudio que transmitan a los jóvenes de las próximas generaciones el compromiso con el medio ambiente, en un contexto donde las políticas de desarrollo económico y social del país no contemplan un desarrollo sustentable, sino que se continúa contribuyendo con actividades que agravan y generan problemas socio-ambientales. Ante esta problemática, preocupados por el manejo sustentable de las actividades industriales y ante la imperiosa necesidad de contar con una educación ambiental, la empresa ENERSA, junto a la Secretaría de Energía y a la Fundación EcoUrbano, ha iniciado el Programa de Concientización Ambiental “Educación Verde”, que consiste en un taller de educación ambiental dirigido a alumnos de 5to y 6to grado de las escuelas primarias de Paraná y alrededores, donde su objetivo consiste en que los más pequeños conozcan las energías renovables y sus beneficios ambientales, sociales y económicos, en el contexto del Cambio Climático.*

*En este trabajo se muestran las primeras experiencias rescatadas de las jornadas dictadas, donde se espera que cada alumno, después de adquirir los conocimientos, le transmita a su núcleo familiar lo aprendido, y donde incluso lleguen a comprometer a sus padres y hermanos a un cuidado del medio ambiente.*

*Con el compromiso de la sustentabilidad, y en el marco de las acciones de Responsabilidad Social Empresaria, ENERSA ha decidido dar un paso importante en la concientización del uso de las energías limpias, transmitiendo los conocimientos y las experiencias adquiridas, y entendiendo la importancia de la concientización ambiental y los usos sustentables de la tecnología, desde una edad temprana, para que el cuidado del ambiente sea desde el inicio parte fundamental de la formación y educación de las generaciones futuras.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El día 05 de junio de 2017, en conmemoración del Día Mundial del Medio Ambiente, ENERSA inauguró sus primeros 2 Generadores Fotovoltaicos en la provincia de Entre Ríos, uno de 12,5 kW y otro de 5,5 kW de potencia, concretando un hito en la evolución hacia una matriz energética sustentable. Ya a fines del año 2017, y después de difundir los primeros resultados de las instalaciones fotovoltaicas, desde la Esc. Priv. N° 8 “Manuel Alberti” de Paraná, una docente interesada en los proyectos desarrollados por la empresa Energía de Entre Ríos S.A. (ENERSA) en materia de energías renovables, solicitó la posibilidad de presentarle a sus alumnos una instalación que trabaja con fuentes renovables. Por este motivo se decidió coordinar una visita a las instalaciones de ENERSA y presentarle a través de una experiencia vivencial, la instalación de los generadores fotovoltaicos. De este modo se dictó una charla sobre Energías Renovables, en las instalaciones de la empresa, donde además les mostramos a los alumnos una instalación con paneles fotovoltaicos y su equipamiento.

A partir de esta experiencia, y a través de la firma de un convenio de colaboración y asistencia con la Red de Escuelas Verdes, que lleva adelante la Fundación EcoUrbano,

iniciamos este año el programa de Concientización Ambiental y de Uso Responsable y Eficiente de las fuentes de Energías Renovables, el cual está orientado a los alumnos de 6to grado de las escuelas primarias de Paraná.

Este programa impulsado por ENERSA junto a la Fundación EcoUrbano, cuenta con el acompañamiento de la Secretaria de Energía de la provincia de Entre Ríos.

## **2. OBJETIVO DEL PROGRAMA**

El objetivo del programa consiste en que los más pequeños conozcan las Energías Renovables y sus beneficios ambientales, sociales y económicos, sobre todo en el contexto de Cambio Climático y de un Desarrollo Sustentable, y que incorporen los mismos en su vida diaria. También se los introduce en el concepto de Generación Distribuida, que a partir de las legislaciones nacionales (Ley 27.191/15 y Ley 27.424/17) y provinciales (Decreto 4.315/16 – “Microgeneración”), busca fomentar el uso de fuentes renovables de energía, y que permiten que los sectores productivos del agro e industria, como así también comerciales y hasta usuarios individuales puedan generar su propia energía para autoconsumo, y que puedan inyectar sus excedentes a las redes de las distribuidoras provinciales.

Este cambio de paradigma en la estructura de negocio de la electricidad, hace que hoy todos los usuarios tengan un rol protagónico en la generación de energía a partir del uso de fuentes renovables. Pero este nuevo rol todavía tiene poca difusión y conocimiento por parte del usuario, por lo que ENERSA, quien si bien es una empresa distribuidora de energía, intenta ser un faro en la difusión de acciones responsables con el medio ambiente y con la sociedad. De este modo se muestran sus acciones de Empresa Sustentable, a partir de acciones en Generación Distribuida, Energía Sustentable, Responsabilidad Social Empresaria y con la base de programas de concientización ambiental.

Estos programas de concientización no tienen un resultado inmediato en el cambio de conductas y hábitos de los usuarios, sino que son vistos como una inversión a futuro por parte de ENERSA y como política de estado, ya que los alumnos a los que hoy se les presentan los nuevos conceptos y tecnologías en energía, de un rango etario entre diez y 12 años, serán quienes dentro de diez años ya tengan inculcado el verdadero valor de ahorro de energía, de utilizarla en forma responsable, de utilizar las energías renovables, de luchar contra el Cambio Climáticos, y de actuar en pos de un mundo mejor.

Para estos chicos nacidos en el siglo XXI, son más naturales los cambios tecnológicos que para sus padres o abuelos. Además, estos chicos logran hoy comprometer a sus familias y amigos en el uso responsable de la energía. Esto se termina traduciendo en que por cada alumno al que se le presenta la charla y se le muestra un panel fotovoltaico o el vehículo eléctrico, se intenta llegar a más de 4 personas.

## **3. DESARROLLO DEL PROGRAMA**

El programa fue llevado a cabo en los Almacenes de ENERSA, donde funciona el Centro de Capacitaciones, con capacidad para 70 personas sentadas, y donde se encuentran instalados los dos generadores fotovoltaicos y la estación de carga con los dos vehículos eléctricos que ENERSA posee en Paraná. La articulación del programa entre La Fundación EcoUrbano, como directores de la Red de Escuelas Verdes, coordina con las escuelas y ENERSA, los días, horarios y medios de transporte.

ENERSA a través de una articulación entre las Área de R.S.E. y Generación Distribuida y Energía Sustentable, dicta la charla en su Centro de Capacitaciones, y muestra en sus instalaciones, los generadores fotovoltaicos y su equipamiento, y los vehículos eléctricos adquiridos.

### 3.1. Articulación

La articulación del programa entre ENERSA y la Fundación EcoUrbano, separa las tareas a desarrollar por cada uno, donde a Fundación EcoUrbano, como directores de la Red de Escuelas Verdes, coordina con las autoridades de las escuelas los días, horarios y medios de transporte, y ENERSA a través de una articulación interna entre las Áreas de Responsabilidad Social Empresaria, y Generación Distribuida y Energía Sustentable, tiene a cargo el dictado de la charla, y el recorrido por las instalaciones donde se muestran los generadores fotovoltaicos instalados y su equipamiento, y los vehículos eléctricos adquiridos, junto con las estaciones de carga, fomentando también la movilidad eléctrica.

### 3.2. Cronograma

Actualmente la Red de Escuelas Verdes está integrada por 20 escuelas de Paraná de nivel primario. Por este motivo y teniendo en cuenta esta cantidad de escuelas, el compromiso del programa contempló dictar diez charlas en el año, para lo cual se organizó un cronograma con 12 fechas, donde dos fechas quedaban disponibles por si por algún motivo no se pudiera respetar las diez fechas preestablecidas. Estas fechas estabuvieronestuvieron programadas cada dos semanas aproximadamente, según disponibilidad de las escuelas y del cronograma escolar.

El programa se lanzó el día 23 de abril, en conmemoración con el Día de la Tierra (22/abr/2018), pensado para rendir homenaje a nuestro planeta y reconocer en la Tierra nuestro hogar y nuestra madre.

Durante el desarrollo del programa y dado que se pudieron llevar a cabo las jornadas según el cronograma propuesto, finalmente se dictaron 12 charlas.

Dado el éxito del programa y la demanda de diferentes escuelas de Paraná, e incluso del interior de la provincia, y a que algunas ya pertenecientes a la Red de Escuelas Verdes y otras estaban interesadas en incorporarse, decidimos realizar una jornada de cierre de programa, juntando en esa ocasión más de 200 alumnos.

El programa finalmente llegó a más de 850 visitantes entre alumnos y docentes, de 13 escuelas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Cronograma

Jornadas	Fecha	Escuela	Grado	Cantidad de Alumnos
1	09/abr/2018	Esc. N° 11 "Provincia de Santa Fe"	6to	67 alumnos
2	23/abr/2018	Esc. N° 5 "Manuel Belgrano"	6to	20 alumnos
		Esc. N° 156 "Miguel de Cervantes Saavedra"	dos 6tos	48 alumnos
3	14/may/2018	Esc. N° 161 "Republica de Entre Ríos"	6to	41 alumnos
4	28/may/2018	Esc. N° 88 "Bartolomé Mitre"	5to y 6to	27 alumnos
		Esc. N° 5 "Manuel Belgrano"	5to A	23 alumnos
5	04/jun/2018	Esc. Priv. N° 8 "Manuel Alberti"	dos 6tos	59 alumnos
6	06/ago/2018	Esc. N° 198 "Maestro Entrerriano"	6to	47 alumnos
7	13/ago/2018	Esc. Priv. N° 5 "Virgen de la Medalla Milagrosa"	6to	54 alumnos
8	27/ago/2018	Esc. N° 2 "25 de Mayo"	6to	38 alumnos
9	10/sep/2018	Esc. N° 161 "República de Entre Ríos" T. Tarde	6to	27 alumnos
10	24/sep/2018	Inst. Priv. N° 184 "EduPro"	dos 6tos	62 alumnos
11	08/oct/2018	Esc. N° 190 "Obispo Gelabert y Crespo"	6to	39 alumnos
12	22/oct/2018	Colegio Siglo XXI	6to	24 alumnos

Cierre	05/nov/2018	Esc. N° 1 "Del Centenario"	5to y 6to	215 alumnos
--------	-------------	----------------------------	-----------	-------------

Dado el éxito del programa y la demanda de diferentes escuelas de Paraná, algunas ya pertenecientes a la Red de Escuelas Verdes y otras interesadas en incorporarse, decidimos realizar una jornada de cierre de programa, juntando en esa ocasión más de 200 alumnos. Deletrear los números hasta 10 (uno, dos, diez); de 11 al 999, utilice números arábigos (12, 250, 654); de los miles, deletrear de forma mixta (15 millones, dos mil millones, etc.).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Actividades desarrolladas

Cada una de las jornadas del programa se desarrolla en dos etapas. Primero una charla expositiva, donde se enseñan conceptos de Ahorro Energético, Eficiencia Energética, Energías Renovables, Generación Distribuida, Cambio Climático, Desarrollo Sustentable y se realizan algunas reflexiones de la temática, con una duración aproximada de 45 minutos (Figura 1), y donde además se les muestra a los alumnos un panel fotovoltaico real para que conozcan y puedan distinguir de otras tecnologías. (Figura 2)

En el caso de la jornada de cierre, esta se realizó en el Auditorio de la escuela N° 1 "Del Centenario", y en el patio de la escuela se encontraba el Vehículo Eléctrico, el que no solo se encontraba para que lo vean los alumnos de 5to y 6to grado, sino que también lo pudieron conocer los alumnos de 1ero a 4to grado.



**Figura 1.** Momento de la charla expositiva.





**Figura 2.** Momento de la charla donde se muestra un Panel Fotovoltaico

Seguidamente se realiza un recorrido vivencial donde los alumnos pueden observar dos instalaciones fotovoltaicas instaladas en los Almacenes de ENERSA en Paraná, y a continuación se les incentiva y muestra el uso de la Movilidad Eléctrica (Kangoo Z.E. adquirida por ENERSA), como una solución a la lucha contra la contaminación ambiental y sonora. (Figuras 3 y 4)



**Figura 3.** Momento del recorrido donde los alumnos ven una instalación fotovoltaica





**Figura 4.** Presentación de la Movilidad Eléctrica

## 5. RESULTADOS

El resultado del programa, entendiendo su dificultad de medición, es considerado un éxito, tomando como parámetros tres aspectos importantes del alcance del mismo.

Primero, la respuesta de los alumnos. Ellos no solo se mostraron interesados en las charlas y la visita a las instalaciones, sino que participaron en todo momento con preguntas y respuestas, y mostraron su interés y como hoy, las problemáticas ambientales están siendo abordadas por las escuelas y sus hogares.

Segundo, el interés de las escuelas en participar del programa. A la fecha todavía hay escuelas que se siguen comunicando para participar de las diferentes jornadas, tanto aquellas que pertenecen a la Red de Escuelas Verdes, como otras que no pertenecen, he incluso se comunican escuelas del interior de la provincia pidiendo un día para poder viajar y ser parte del programa.

Tercero, la aceptación y el acompañamiento de la sociedad en general. No solo se han manifestado en las redes sociales de ENERSA o de la Fundación EcoUrbano, a favor del programa, sino que hemos sido acompañados por medios escritos (Figuras 5 y 6), programas de radio, televisión, medios digitales (Figura 7) y grupos ambientalistas.

La intención inicial al comenzar el programa, fue de poder llegar a más de 500 alumnos. Finalmente se logró llegar a más de 800 alumnos y más de 50 docentes y directivos escolares. De este modo también se considera un éxito el alcance logrado con las instituciones educativas.



Figura 5. Tapa y contratapa del medio gráfico “El Diario”, del día 04/nov/2018



Figura 6. Tapa y página 4 del medio gráfico “El Diario”, del día 06/nov/2018.





Figura 7. Nota del medio digital El Once, del día 06/nov/2018.

## 6. CONCLUSIONES

Si bien las escuelas primarias trabajan cuestiones ambientales desde una perspectiva de taller, el poder presenciar e interactuar con una temática nueva como lo son las energías renovables, desde lo expositivo, les impacta a los más chicos y a los más grandes. Y poder tener al alcance de la mano un panel fotovoltaico o un vehículo eléctrico, los atrapa y les permite tomar conciencia de problemáticas como la contaminación, el cambio climático, la conservación de la biodiversidad, entre otras preocupaciones ambientales. He incluso poder observar que ya no se trata de ciencia ficción, sino que hoy todas estas tecnologías son una realidad.

Por esto es que desde el programa, se abordaron estas problemáticas, pero desde un ángulo cada vez más olvidado como lo es la educación. Y sin educación, no podemos pretender tener un futuro prometedor.

*“Lo que cambia el planeta es la conciencia, lo que forma la conciencia es la educación”*

Los próximos pasos a seguir son llegar a más escuelas y chicos, llegar a las escuelas del interior de la provincia, y seguir actualizando en todo momento las charlas, con el acompañamiento de las nuevas tecnologías.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- <https://www.elonce.com/secciones/parana/568762-educacinn-verde-la-fascinacinn-de-los-alumnos-por-el-auto-elnctrico-de-enersa.htm>
- <https://www.elonce.com/secciones/parana/568652-mnas-de-700-alumnos-aprendieron-la-importancia-de-las-energias-renovables.htm>
- <https://www.elonce.com/secciones/institucionales/568495-el-quotprograma-de-educacinn-verdequot-realiza-el-cierre-de-sus-actividades.htm>

## 8. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades de ENERSA que permitieron que desarrollemos el programa, a la Fundación EcoUrbano que día a día trabajó en la coordinación con las escuelas haciendo posible cada una de las jornadas, a la Secretaria de Energía que acompañó en las jornadas, a la Cooperativa de Trabajo Comunitario COOPERSE Ltda “El Aliso” quienes donaron tierra para los plantines que se entregan como presente, y a todas las personas que de un modo u otro colaboraron con las jornadas y que prestaron un rato de su tiempo para que todo el programa sea un éxito.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# QUILOMBO, ESCUELA Y DESARROLLO SOSTENIBLE: LA MEMORIA EN EL PROCESO DE (RE) PRODUCCIÓN DE LA COMUNIDAD DE SÃO JOÃO DO MATAPI, MACAPÁ-AMAPÁ-BRASIL

Adailson Oliveira Bartolomeu ([adailsonb@yahoo.com.br](mailto:adailsonb@yahoo.com.br)); Eugénia Luz Da Silva Foster ([eugeniafoster@uol.com.br](mailto:eugeniafoster@uol.com.br)); Silvaney Rubens Alves de Souza ([silvaney.rubens@gmail.com](mailto:silvaney.rubens@gmail.com))

Universidade de Lisboa, Faculdade de Arquitetura (FAULisboa) - Portugal

Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Programa de Pós-Graduação Mestrado em Desenvolvimento Regional (PPGMDR) - Brazil

**Palavras chaves:** Quilombo, Identidade Cultural, Desenvolvimento Sustentável.

*Neste trabalho procuramos contextualizar a luta histórica pela sobrevivência da comunidade tradicional de remanescente de quilombo São Jose do Matapi do Porto do Céu, Macapá / Amapá, que se encontra às margens do processo de acumulação de capital, no contexto do desenvolvimento econômico que buscam na tradição cultural e na (re)produção de seu modo de vida. E a escola Estadual David Mirando dos Santos, assume um importante papel no diálogo para a garantia do seu desenvolvimento sustentável. Assim, pesquisa destaca e analisa as atividades desenvolvidas e materiais pedagógicos produzidos durante o projeto "Identidade Cultural" na escola. A metodologia para a coleta de dados se baseou em visita in loco, na observação participante e em entrevistas semiestruturadas, que utilizando-se uma análise qualitativa em conjunto com uma bibliografia selecionada, o que possibilitou não só demarcar a importância do projeto Identidade Cultural para a comunidade, mas compreender o grande valor simbólico do projeto, no contexto de ações e práticas pedagógicas válidas para flexibilizar a educação disponibilizada para os remanescentes de quilombola, capaz de atribuir novos significados à identidade quilombola no contexto da sociedade contemporânea amapaense, onde a comunidade escolar desenvolveu na prática um diálogo ecológico capaz caracterizar uma educação quilombola de fato e de direito.*

## 1. INTRODUÇÃO

Falar em desenvolvimento sustentável não é fácil em função da grande variedade de definições para o termo, o que se torna ainda mais complexo quando nos referimos à Amazônia e às suas populações, cuja região passou a figurar como um importante espaço a ser explorado na contemporaneidade por diversos projetos governamentais que ignoraram e continuam a tratar com indiferença a diversidade da região em prol de um modelo exógeno de desenvolvimento.

Com características exploratórias, objetivamos apresentar neste artigo, uma análise qualitativa do contexto territorial em que a comunidade tradicional quilombola de São José do Matapi está inserida, bem como a importância da escola David Miranda dos Santos e do seu projeto pedagógico intitulado "Identidade cultural", realizado entre os anos de 2007 a 2015, apontado o desafios enfrentados para a inserção da comunidade de renascentes São José do Matapi de forma efetiva no contexto do desenvolvimento sustentável.

Por meio da pesquisa de campo, coleta dados de GPS que, juntos com mapas provisórios de demarcação da comunidade, buscamos referenciar importantes aparelhos de Estado, com a finalidade de construir uma cartografia da comunidade e seu entorno<sup>58</sup>.

Entrevista de agentes públicos e análise de documentos como; projeto, relatórios de atividades e o materiais pedagógicos produzidos pelo projeto “Identidade Cultural”, serviram para uma análise contextualizada as limitações impostas ao diálogo entre comunidade em questão e a escola, no que concerne o (re)conhecimento e manutenção dos saberes tradicionais da comunidade e seu modo de vida, sendo esta uma comunidade cuja base econômica é a agricultura familiar.

Destacamos que a comunidade tradicional de remanescente em questão se encontra às margens do processo de acumulação de capital, no contexto do desenvolvimento econômico de base agrária, mas que sonha com um “desenvolvimento”<sup>59</sup> possível e adequado as suas especificidades no qual acreditamos que o modo de vida e os saberes tradicionais podem somar às novas alternativas que possibilitem um desenvolvimento sustentável, onde a escola estadual David Miranda dos Santos possa ser configurar em uma importante mediadora neste contexto de transformação, visando o desenvolvimento sustentável.

## **2. QUILOMBO: HISTÓRIAS DE RESISTÊNCIA;**

O processo de ocupação do espaço e interação entre os vários grupos étnicos na região amazônica não pode ser compreendido como um fenômeno harmônico, mas fruto de um sistema econômico que tem suas raízes no sistema colonial desde o século XVI, onde toda a base da economia estava sustentada pela força de trabalho escravo, que por sua vez fomentava o tráfico constante de “almas”, que auferiam lucro a um seletivo grupo que detiveram a hegemonia política, econômica e cultural da região por séculos.

Um longo processo possibilitou o contato entre diferentes grupos de africanos transportados de diversas regiões da África, que aqui se “confraternizaram”, segundo um discurso dominante, com outras etnias, onde a solidariedade residia na condição de cativo e/ou de submissão. Portanto, “Aqui também encontraram o elemento indígena reduzido à mesma condição de escravo ou servo de gleba, numa convivência mais ou menos promiscua com soldados e colonos oriundos das classes populares do velho mundo”. (SALLES. 1989, p.80).

Portanto, o intenso processo de interação social, mais as disputas do jogo geopolítico estabelecido na região Amazônica entre a grandes nações europeias, possibilitaram aos negros uma maior mobilidade espacial e de resistência (GOMES, 1996). Mobilidade e resistência que, por sua vez, permitiram a formação de quilombos no espaço do território amazônico, já que, o “destino” natural do negro fugido era o mocambo (SALLES. 1988).

Gomes (1996) nos ajuda a pensar o quilombo, não como um lugar isolado do mundo a sua volta, mas como um lugar onde havia um movimento de ida e volta, seja de informações e/ou produtos, transformando o conjunto de seus contemporâneos em catalisadores de informações, e por que não dizer também, um espaço crível de intensa fomentação de ideias, cujas mesmas circulavam pelos portos de várias regiões do mundo, dadas as

---

<sup>58</sup> Para a construção do Mapa utilizamos o sistema UTM, Datum: SIGA 2000, aplicados a base cartográfica do Amapá.

<sup>59</sup> Utilizaremos esse conceito em uma perspectiva ampla que congrega não só os aspectos de acumulação de capital, em sua forma mais básica, mas também valores de bem estar e felicidade individual, compatíveis com as percepções de Amartya Sen (2000).



devidas proporções, num constante processo de troca de produtos e mercadorias entre metrópoles e colônias.

Portanto, mais do que entender a presença negra na Amazônia, é preciso compreender que os afrobrasileiros, para além de serem enquadrados dentro de uma lógica coisificada dentro do sistema colonial, esses indivíduos foram capazes de se adaptar a um conjunto de situações e, sempre que possível, desenvolveram suas próprias lógicas de resistência, buscando o reencontro da sua condição humana (MOURA, 1992), objetivando superar o sistema de controle social e econômico imposto pelas elites (NASCIMENTO 1978), seja na criação de quilombos, seja na participação em conflitos armados contra a opressão da elite dominante como na Cabanagem<sup>60</sup>, seja através de violência física ou quebra de equipamentos e até mesmo na reivindicação de melhores condições de trabalho (SALLES, 1988; LARA, 1989; MOURA, 1993; GOMES, 1996).

Assim, pensar o quilombola nos remeter aos conceitos históricos acerca do território remanescente de quilombo que, segundo Ilka Boa Ventura Leite (2000), sofreu várias modificações ao longo da história e; o quilombo constitui questão relevante desde os primeiros focos de resistência dos africanos ao escravismo colonial, reaparece com a Frente Negra Brasileira (1930/40) e retorna à cena política nos anos 70, durante a redemocratização do país. Trata-se, portanto, de uma questão persistente, tendo na atualidade importante dimensão na luta dos afro-descendentes. (LEITE. 2000. p. 333)<sup>61</sup>

Deste modo, o quilombo mas do que uma nomenclatura ressemantizada, tornou-se uma importante identidade coletiva, construída no processo histórico pelos afrodescendentes, visando a garantia direitos coletivos outrora negados, sejam eles: A titulação definitiva do seu território e/ou uma educação escolar que reconheça e garanta a sua reprodução sociohistórica no conjunto de uma sociedade multicultural como a brasileira.

Neste contexto, a escola Estadual David Miranda dos Santos autodeclarada como Escola Quilombola<sup>62</sup>, com ato de fundação de fevereiro de 1993<sup>63</sup>, situada na Comunidade de Remanescente Quilombola de São José de Matapi, nº 156, localidade do Porto do Céu, Santana, Amapá, que atua na modalidade de educação infantil e fundamental do 1º ao 9º ano, se apresenta mas do que uma mera instituição de ensino, e assume característica de uma importante agencia de desenvolvimento local, capaz de oportunizar importantes transformações no seu entorno.

### **-3. A COMUNIDADE DE REMANESCENTE DE QUILOMBOLA SÃO JOSÉ DO MATAPI**

A Comunidade de Remanescente de Quilombolas São José, se localiza no município de Macapá, no distrito do Coração<sup>64</sup>, à margens rio Matapí, afluente do rio Amazonas. O

---

<sup>60</sup> Revolução social que explodiu em Belém do Pará, em 1835, deixou mais de 30 mil mortos e uma população local que só voltou a crescer significativamente em 1860. Este movimento matou mestiços, índios e africanos pobres ou escravos, mas também dizimou boa parte da elite da Amazônia. O principal alvo dos cabanos era os brancos, especialmente os portugueses mais abastados. (RICCI, 2006)

<sup>61</sup> Disponível em: <<http://www.nuer.ufsc.br/artigos/osquilombos.htm>>

<sup>62</sup> Desde o Censo educacional de 2011, a referida escola e auto declara Escola Quilombola, o que lhe atribui direitos específicos segundo a legislação federal.

<sup>63</sup> Decreto N° 0237/93 – SEEC/GEA.

<sup>64</sup> Há muitos conflitos administrativos em função da comunidade pertencer ao distrito do Coração, ou seja, ao município de Macapá, neste caso a escola é estadual, mas administrativamente consta no território pertencente ao município de Santana para efeitos administrativos

território é reconhecido e certificado<sup>65</sup>, mas ainda não possui o título definitivo de posse do território, os tramites de demarcação da área está em processo junto ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA<sup>66</sup>, contudo, há uma demarcação provisória da área<sup>67</sup>, cuja origem remota à década de 90, quando o Senhor Bonifácio Mendes da Silva<sup>68</sup> recebeu a concessão do INCRA para residir e produzir em uma área de 120 hectares de terras devolutas da União, hoje reclamada pelos seus descendentes como território remanescentes de quilombola.

A comunidade composta por 30 famílias, todos com parentescos consanguíneos, já apresenta conflitos resultante do crescimento desordenado de áreas urbanas do entorno, pois a comunidade sofre os efeitos do processo de segregação espacial, que segundo Vale e Gerardi, (2006) é uma problemática resultante da falta de planejamento urbano em áreas em expansão no contexto urbano-rural.

Localizada em uma área de expansão entre as duas principais cidade do Estado do Amapá, Macapá e Santana, a área apresenta uma dinâmica de zona de transição, onde há o entrelace de diferentes atividades que disputam o uso do solo e a comunidade de remanescentes quilombola de São José de Matapi sente a potencialização da ocupação ilegal nos limites do seu território<sup>69</sup> e os conflitos resultantes.

Sobre a presença do poder público na área, há poucos serviços e aparelhos de Estado no perímetro, dentre eles merece destaque o prédio abandonado da escola Estadual David Miranda dos Santos, atualmente a mesma está funcionando em um prédio alugado distante do núcleo da comunidade<sup>70</sup>. O centro comunitário<sup>71</sup>, que fica ao lado do prédio da escola, se encontra bastante deteriorado, mas ainda é utilizado para reuniões e atividades culturais.

A energia elétrica chega até as casas dos comunitários através de instalações improvisadas e a água não é tratada pelo sistema público, a assistência médica é oferecido pelo posto de saúde municipal que se localiza no comunidade do Coração<sup>72</sup>, distante alguns quilômetros.

A percepção de ausência do poder público na área acontece logo na chegada à comunidade, pois o acesso à comunidade é realizado por um via sem cobertura asfáltica, mesmo estando a poucos quilômetros de uma das principais vias do Estado, a AP-010 também conhecida como “Duca Serra”<sup>73</sup>.

Quanto aos serviços de assessoria técnicas na área agrícola, analisamos o “Plano de Ação”<sup>74</sup> do Instituto de Desenvolvimento Rural do Amapá – RURAP, escritório de Santana, que atende a comunidade, onde este apresenta uma projeção de atendimento a 30 famílias pela extensão rural, através de cursos. No entanto, em todo o “Plano de Ação”<sup>75</sup> não há indicação de atividades agrícolas e/ou produção na comunidade São José do Matapi, o que há é apenas um indicativo de um curso de manejo de açai.

---

65 Fase intermediária para obtenção da titulação definitiva do território.

66 Ver [http://www.incra.gov.br/sites/default/files/incra-andamentoprocessos-quilombolas\\_quadrogeral.pdf](http://www.incra.gov.br/sites/default/files/incra-andamentoprocessos-quilombolas_quadrogeral.pdf).

67 Ver Mapa, cena 01

68 Proc. CRPF/PA-AP. N° 323/76

69 Ver mapa, cena 01

70 Idem, cena 04

71 Idem, cena 02

72 Idem, cena 03

73 Ver mapa cena 01

74 O Plano de Ação é um documento produzido pelo Governo do Estado, através do instituto de Desenvolvimento Rural, escritório de Santana. Onde há uma projeção da atividades a serem desenvolvidas pelos técnicos da extensão rural que atendem as comunidades da área.

75 Este Plano é referente ao ano de 2017.

Constatamos que há pouco ou nenhum diálogo entre os agentes públicos e a comunidade, já que membros da diretoria da associação, em entrevista, afirmaram que os comunitários deixaram de fazer uso da extração do açaí para atividades comerciais, pois alegam haver uma maior restrição sob a área de coleta do fruto, influenciada por vários motivos, dentre eles a ocupação e desmatamento de áreas de extração do fruto nos limites da comunidade.

Neste ponto, nos parece que a comunidade começou a sentir os efeitos das transformações ocorridas no entorno com as ocupações irregulares, já que pelos relatos da diretoria da comunidade, há indícios de que as atividades reprodutivas de caráter extrativista começaram a ser afetadas, como a extração do fruto do açaí, em decorrência das novas dinâmicas de ocupação da área do entorno.

Bernades (2014), ao analisar o caso de uma comunidade tradicional agroextrativista no Maranhão, afirma que o sistema de reprodução de uma comunidade tradicional pode sofrer alterações significativas provocadas por mudanças alheias às comunidades, mas relacionado ao acesso aos recursos naturais. Neste caso, há um indicativo de mudança no sistema produtivo e reprodutivo da comunidade São José do Matapi, que precisa ser melhor analisado em estudos futuros.

A produção agrícola da comunidade é realizada de forma “tradicional”, com o uso da técnica de coivara<sup>76</sup>, em áreas escolhidas pelas famílias no território para o plantio, onde a “roça” é individual, mas todos ajudam em regime de mutirão, o que amplia a caracterização desta comunidade como tradicional. Deste modo, a Comunidade de Remanescentes Quilombola São José do Matapi apresenta como principal características uma reprodução de base familiar agroextrativista, que pode ter sido duramente impactada pelas novas lógicas de uso do espaço em seu entorno, o que confere à mesma uma dificuldade na sua sobrevivência material, cujos efeitos poderiam ser mediados e atenuados por meio de políticas públicas que (re)conheçam a sua especificidade sócio histórica e promova um diálogo no contexto do desenvolvimento sustentável.

---

<sup>76</sup> Essa prática também é conhecida como ‘cultivo de corte e queima’, e constitui em uma técnica de preparação do solo baseada na derrubada da vegetação e posterior queimada da área a ser cultivada na floresta. O sistema de coivara é encontrado hoje em diversas regiões do mundo, inclusive no Brasil, na Amazônia (ALVES NEVES Et.al... 2012).

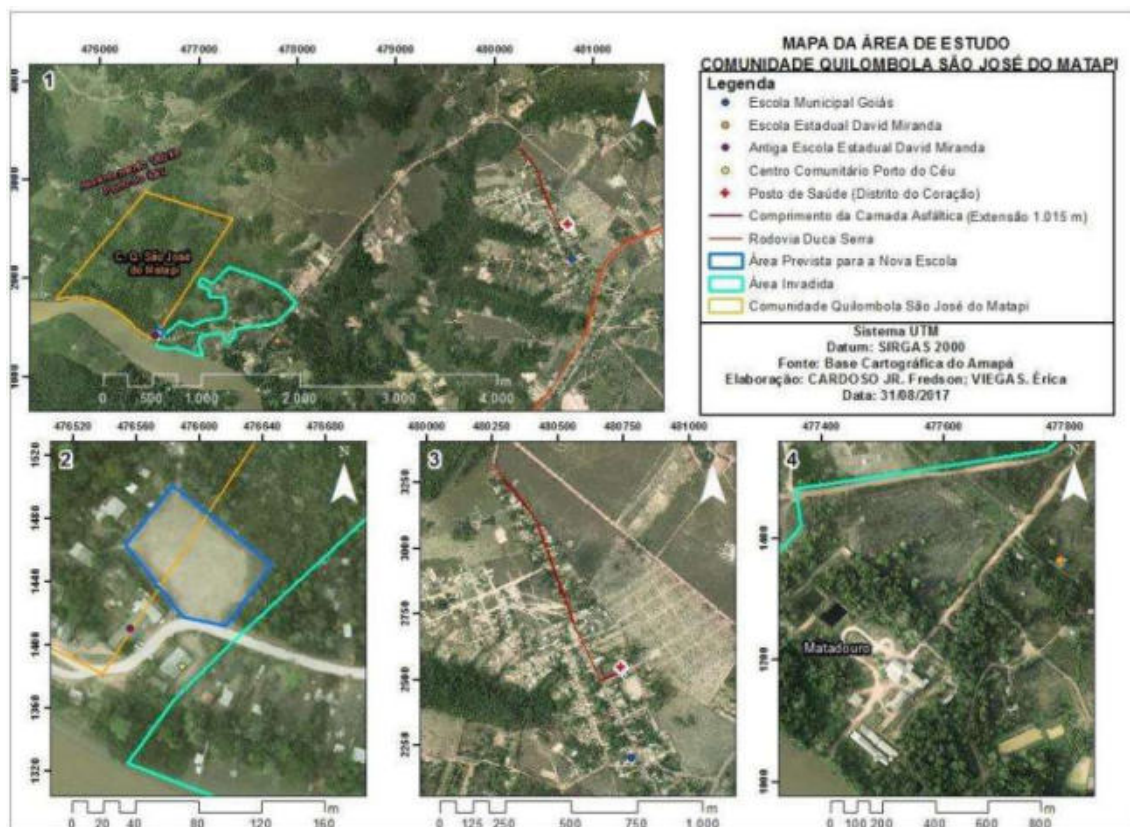


Figura 1: Mapa da área de estudo, Comunidade quilombola São José do Matapi.

Fonte: Base cartográfica do Amapá, 2017.

#### 4. O PROJETO “IDENTIDADE CULTURAL” E O DIÁLOGO RUMO AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O projeto interdisciplinar chamado “Identidade Cultural”, que foi desenvolvido ao longo do período de 2007 a 2018, representou o caráter inovador de uma educação integrada a comunidade e seus aspectos sociais e culturais, no que concerne a construção de uma identidade quilombola e a ressignificação de valores e conceitos históricos para a comunidade e o seu entorno.

Acreditamos que o “Identidade Cultural” se apresenta como uma proposta inovadora e contextualizada aos novos conceitos basilares de uma sociedade em transformação, como a brasileira com um objetivo claro descrito abaixo;

Valorização da diversidade étnico racial existente na sociedade brasileira, através do resgate das manifestações culturais, buscou-se (re)conhecer a contribuição de cada grupo étnico na construção da sociedade brasileira e, mais especificamente amapaense, resgatando valores identitários, inerentes aos educando, a partir do seu pertencimento histórico e cultural. Buscou-se também, apresentar praticas pedagógicas inovadoras, inseridos no contexto da legislação federal (10.639/03 e 11.645/08), além de despertar nos educandos uma visão reflexiva acerca de seu contexto regional, histórico-cultural e sustentável, resgatando o registro da memória afro-brasileira, mas contextualizada com as problemáticas da atualidade vivenciadas pelos educandos (NEER/SEED, 2015, p. 43).

E vai mais além, mesmo não estando expressamente descrito, o referido projeto pode ser considerado como uma ação pedagógica voltada para o desenvolvimento sustentável, senão vejamos: O termo desenvolvimento sustentável uma ampla gama de significados que variam, de acordo com o contexto e o campo de atuação em que é empregado (FEIL, SCHEIBER, 2017).



Contudo, há o consenso que o uso do termo está associado ao equilíbrio entre os seres humanos e meio ambiente em que vivem, onde as dinâmicas de interação podem ampliar o significado do termo (FEIL, SCHEIBER, 2017).

No Brasil a questão ambiental popularizou na década de 1960, dadas as condições impostas pelo crescimento urbano, e o termo desenvolvimento sustentável expressa anseios coletivos como democracia e liberdade (BARBOSA, 2008).

Dentre as ações do projeto que mais chamou a nossa atenção podemos citar: a elaboração de um periódico chamado “Cipó Cultural” e a Gincana Cultural VI, com sua ação de exposição de trabalhos pedagógico-culturais para todas as comunidades envolvidas.

O “Jornal Cipó Cultural”, que apresenta muitas informações interessantes, tivemos acesso aos exemplares da primeira edição do ano de 2007, início do projeto e a quarta edição, do ano de 2010, quando o projeto já estava consolidado após anos consecutivos de realização do projeto.

O periódico inova na seleção de assuntos e nas propostas de temas, pois insere a comunidade como protagonista, principalmente se levarmos em consideração os assuntos apresentados pelos alunos nas duas edições analisadas (2007 e 2010), onde apresenta vários temas distribuídos em diversos cadernos, divididos em pequenos artigos como: *um breve histórico sobre a “Consciência negra”, dicas de saúde, dicas de pesca, dicas de beleza, humor, cantinho cultural* e até *Classificados*, além de receitas de culinárias.

Todos os temas tem como autoria os alunos, mas supervisionados pelos professores, aonde os próprios docentes são entrevistados sobre o tema educação, gestão e mensagens para a comunidade discente.

Outra atividade que marca o caráter inovador do projeto foi a “Gincana Cultural, Esportiva e de Sustentabilidade Ambiental”, ocorrida no encerramento do “Identidade Cultural VI”, em 2011, que teve como público alvo além da comunidade escolar, as comunidades quilombolas do entorno.

Dentre as atividades mais interessantes citamos; Competição de coleta do açaí, Competição de pesca (anzol e caniço) e a horta sustentável, que foram divididas em duas equipes: africana e portuguesa. Nessa “Gincana Cultural”, percebemos o ápice de uma atividade que tem como objetivo a “valorização da diversidade étnico-racial existente na sociedade brasileira” (SOUZA, 2015, p. 43).

Contudo, o destaque da “Gincana Cultural VI” está relacionado aos saberes empíricos da comunidade no contexto da realização das atividades de pescaria e coleta do açaí, que surgem como atividade desportiva, mas que foram reconhecidas e valorizadas pela escola, destacando a especificidade das necessidades da comunidade e seu meio ambiental, buscando valorizar e reconhecer a cultura, bem como o modo de vida da localidade.

O projeto Identidade Cultural ao longo de sua existência, contribuiu para implementar ações pedagógicas inovadoras contextualizadas com a educação das relações étnico raciais e ao desenvolvimento sustentável, já que o Plano Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, reconhece os territórios tradicionais como espaços de reprodução social e da cultura dos povos e comunidades tradicionais. E, assim, a escola David Miranda dos Santos se apresentou, durante essa experiência, como uma promotora de políticas públicas do desenvolvimento local, no contexto do desenvolvimento sustentável.

## 5. - CONCLUSÃO:

Acreditamos que a memória e a identidade se constituem em um conjunto importante de experiências históricas coletivas que a comunidade de remanescentes de quilombola São José do Matapi, dispõe para fazer frente a uma processo de decolonização, visando



encontrar novos caminhos no processo de ensino e aprendizagem que corroborem para a valorização dos saberes tradicionais e o modo de vida da comunidade na contemporaneidade.

Logo, no campo do conhecimento e das atividades pedagógicas, a escola enquanto instituição dever ser norteada por valores e conceitos validos para o conjunto da sociedade e seus diversos grupos éticos (AKKARI, 2015), o que torna possível a ruptura de velhos conceitos descontextualizados, abrindo espaço para novos saberes e conhecimentos, estes adequados a uma realidade diversificada e pluriétnica, como é o caso da educação escolar quilombola, a luz de uma perspectiva decolonial e multicultural.

O projeto Identidade Cultural se apresenta como uma alternativa de diálogo entre a comunidade e seus saberes tradicionais, o que pode possibilitar uma flexibilização no *capital cultural* (BOURDIEU, 1989;2007) dos profissionais da educação que atual na instituição, e assim estabelecer um equilíbrio no contexto conflituosos posto entre a epistemologia e os saberes tradicionais (SANTOS, 2009).

Portanto, podemos perceber que há um grande potencial para compreender o projeto "Identidade Cultural" como inovador capaz possibilitar um direcionamento rumo ao "diálogo ecológico" (SANTOS, 2009), capaz de valorizar e (re)conhecer os saberes tradicionais da comunidade, sem negar o papel primordial da instituição escolar, e pode direcionar novos caminhos para uma educação escolar quilombola, de fato e de direito, que atenda os anseios da comunidade e a premissa de um desenvolvimento sustentável.

## 6. REFERENCIAS:

- AKKARI, A. (2015). *Educação intercultural no Brasil: entre o conservadorismo e transformações radicais: São Paulo. Cadernoscenpec. V.5, n.1. p. 259-182., jan./jun. 2015.*
- \_\_\_\_\_, Et. al. (2015). *Diferenças na educação: do preconceito ao reconhecimento. Revista Teias. Diferenças e educação. V.16. n40. p. 28-41.*
- BARBOSA, G. S. (2008) "O Desafio Do Desenvolvimento Sustentável". *Revista Visões 4ª Edição, Nº4, Volume 1 - Jan/Jun.*
- BOURDIEU, P. (1989). *O Poder Simbólico. Rio de Janeiro: Editora Bertrand.*
- \_\_\_\_\_,(2007). *A Economia das trocas simbólicas. São Paulo: Perspectiva.*
- BRASIL. (2006) *Lei 10.639, de 09 de Janeiro de 2003. In: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/ SECADI.*
- "Orientações e Ações para a Educação das Relações Étnico-Raciais", Brasília. SECADI.
- BRASIL, (2013). *Plano Nacional De Desenvolvimento Sustentável Dos Povos E Comunidades Tradicionais De Matriz Africana (2013-2015). Brasília.*
- FEIL, A. A., SHREIBER, D. (2017). "Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados". *Cad. EBAPE.BR, v. 14, nº 3, Artigo 7, Rio de Janeiro, Jul./Set. 2017.*
- FONSECA, S. G. (2009). *Didática de ensino de História: experiências reflexões e aprendizado. Papirus, Campinas – SP.*
- GOMES, F. S. (1996). "Nas fronteiras da liberdade: mocambos, fugitivos e protesto escravo na Amazônia colônial". *An. Arq. Públ. Pa, Belém-PA, 1996*
- HALL, S. (1997). *A identidade cultural na Pós-Modernidade. DP&A Editora, Rio de Janeiro.*
- LARA, S. H. (1988). "Campos da Violência. Escravos e senhores na capitania do Rio de Janeiro, 1750 - 1808". *Paz e terra, Rio de Janeiro.*
- LEITE, I. B. (2001). *Os quilombos no Brasil: Questões Conceituais e Normativas. Etnográfica. Vol. IV (2).*

- MOURA, C. (1993). *Quilombos: resistência e escravidão*. 3ªed. Editora Ática. São Paulo.
- SALLES, V. (1989). *O Negro no Pará*. 2ª ed. Brasília, Ministério da Cultura; Belém.
- SANTOS, M. (1999). *A natureza do espaço; espaço e tempo: Razão e emoção*. 3ª ed, São Paulo: HUCITEC.
- SANTOS, B. S. (1999). *O fim das descobertas imperiais*. Notícias do Milênio, Edição Especial do Diário de Notícias.
- SANTOS, B. S, MENESES, M. P. (org.). (2009) *Epistemologia do sul: Edições almeida: Coimbra: Biblioteca nacional de Portugal*.
- SOUZA, S. R. ROCHA, E. (Org.). (2015) *Caderno de Projetos e Propostas Pedagógicas para a Implementação da lei 10.639/03*. NEER/SEED, Macapá-Ap.

# PROPUESTA DIDÁCTICO- EXPERIMENTAL EN INGENIERÍA: ENSEÑANZA DE LA FÍSICA- TERMOMETRÍA- CALORIMETRÍA

*Darío Rodolfo Echazarreta (echazad@frcu.utn.edu.ar); Norma Yolanda Haudemand (haudemann@frcu.utn.edu.ar)*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay (UTN-FRCU)  
- Arg.

**Palabras clave:** estrategias de enseñanza - trabajo experimental - termometría - calorimetría - problemas integradores

*El Diseño Curricular de las carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional propone desde lo metodológico, la enseñanza basada en problemas que acerquen al estudiante al trabajo profesional. La adecuación de los Planes de Estudios del año 2005, incluye cátedras homogéneas en Ciencias Básicas, esto implica que los alumnos que cursan Física pertenecen a diferentes especialidades de Ingeniería; cabe preguntarnos entonces, cómo resolvemos esta dicotomía.*

*Desde la docencia estratégica se propone la enseñanza de un eje temático común a las diferentes especialidades; a partir de un experimento sobre “transferencia de energía térmica” termometría y calorimetría como primera parte de los contenidos a desarrollar, para luego presentar situaciones problemáticas relacionadas con el perfil del egresado y su campo ocupacional según la especialidad. Para el caso de Ingeniería en Sistemas de Información se solicita a los alumnos la “Determinación de la temperatura de trabajo de una computadora”; para alumnos de Ingeniería Electromecánica el “Estudio de las pérdidas de energía térmica en una línea de vapor” y finalmente para alumnos de Ingeniería Civil “El Aislamiento Térmico en una vivienda”*

*Evaluada la propuesta por docentes y alumnos se concluye que esta estrategia de enseñanza resuelve parcialmente el interrogante pues promueve aprendizajes significativos preparando a los estudiantes para interpretar y resolver situaciones problemáticas inherentes al campo ocupacional.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Como educadores del nivel superior, nuestra misión es garantizar la formación de futuros graduados que puedan insertarse en comunidades académicas y profesionales que posean saberes adecuados al mercado del trabajo, que posean una formación versátil para afrontar los cambios del futuro para resolver problemas diferentes en diferentes ámbitos del trabajo.

Hoy se trabaja con personas en los cuales los límites del campo profesional son muy borrosos, por ello se necesita dar una formación versátil, adaptable a los cambios. Hay que enseñar a cambiar puestos de trabajo, a trabajar como miembros de diferentes grupos.

La Acreditación de carreras universitarias ante la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU), plantea la necesidad de innovación en las carreras de grado que involucre la adecuación de los planes de estudios, así como las metodologías de enseñanza y aprendizaje.

Todo diseño curricular posee componentes de formación general, indispensables para todas las profesiones, de formación básica y de formación profesional, entre estos componentes debe existir necesariamente una vinculación, una articulación, así como la articulación entre teoría y práctica, lo que implica integrar distintas perspectivas disciplinares.

En la Facultad Regional Concepción del Uruguay, la adecuación de los Planes de Estudios y régimen académico, se puso de manifiesto en la importancia de conformar un tronco homogéneo integrado por las materias de Ciencias Básicas: Álgebra y Geometría Analítica, Análisis Matemático, Física y Química, así como ubicar las asignaturas del área matemática en el primer cuatrimestre de los dos primeros años de las carreras, mientras que Química y Física en los segundos cuatrimestres, con el fin de facilitar la integración vertical del bloque curricular de ciencias básicas y lograr un impacto positivo en los alumnos al momento de cursar las primeras materias de las carreras.

Estas políticas académicas fueron implementadas a partir del ciclo lectivo 2005; el impacto de estas acciones se relaciona con el rendimiento académico de los alumnos al constituirse en un medio que tiende a facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Llevar adelante estas políticas de gestión educativa requiere de docentes –investigadores conscientes de la problemática en el aula, capaces de adoptar decisiones oportunas destinadas a diseñar, implementar y evaluar acciones que mejoren las prácticas docentes diarias.

Así el estudio de los contenidos de Física deben hacerse en el contexto de un metodología donde confluyan, teoría- práctica- investigación y enseñanza.

Desde un análisis cualitativo, el cambio en el orden de cursado de estas asignaturas cuatrimestrales media en la transferencia de conocimientos, los alumnos logran construir modelos que sirven de referencia en situaciones análogas, y al docente le permite colaborar con los alumnos en la construcción de contenidos de Física, Química, de manera que su aprendizaje sea cada vez más autónomo y eficiente.

La articulación teoría-práctica prevista en el plan de estudios desde un modelo integrador en la adquisición de conocimientos, habilidades, competencias, formas de comportamiento y valoración tendientes a la construcción del rol profesional, resultan favorecidas con el cambio al permitir al docente dedicarle menos tiempo al desarrollo de contenidos disciplinares que requieren de amplios conocimientos del área matemática y así planificar actividades de comprensión que promueven el razonamiento cualitativo, la creatividad y la toma de decisiones por parte de los propios alumnos.

La educación requiere de la actualización permanente para atender las demandas socio-económica-culturales, por ello los docentes debemos acceder a una actualización permanente para constituirnos en facilitadores de los procesos de enseñanza y aprendizaje, lo que implica acordar con los estudiantes la formación de sus competencias teniendo en cuenta la expectativas y requerimientos socio-ambientales y laborales; centrar el aprendizaje en los alumnos; proponer estrategias didácticas con la participación de los estudiantes; orientarlos para que se automotiven y tomen conciencia de su plan de vida y autorrealización; orientarlos para que construyan las estrategias en cada uno de los saberes de las competencias .

La Docencia Estratégica (DE) “Según Quesada (2001) busca el aprendizaje significativo de contenidos y el desarrollo de habilidades de pensamiento con el fin de que los estudiantes se conviertan en aprendices autosuficientes. Desde esta perspectiva, el acento está puesto en los estudiantes, buscando que aprendan estrategias que les permitan regular su aprendizaje.

En la formación basada en competencias, el énfasis se da en la relación intersistémica docentes- estudiantes. La docencia estratégica consiste en la comprensión y regulación del proceso de enseñanza y aprendizaje con el fin de formar competencias como profesionales teniendo como guía la formación humana integral, la transdisciplinariedad, la apertura

mental, la flexibilidad, las demandas sociales y económicos y el entretreído del saber mediante la continua reflexión sobre la práctica (Schön, 1992, 1998) citado por Tobón.

La pedagogía estratégica implica la construcción, desconstrucción y reconstrucción continua de la práctica pedagógica a partir de la reflexión que hace el docente; se busca que el estudiante aprenda a partir de la reflexión sobre sus experiencias en la universidad y en la vida cotidiana.

La docencia desde la complejidad considera la clase magistral pero desde un punto de vista diferente al tradicional, donde el énfasis está puesto en la transmisión de conocimientos, mientras que desde la docencia estratégica es considerada como una herramienta de apoyo que se complementa con otras estrategias didácticas; en un ambiente participativo de trabajo en equipo, en el aprendizaje a partir del error.

Ante el interrogante ¿Por qué resulta difícil aprender Física? Según Pozo-Gómez Crespo (2000) se relaciona desde lo general con la forma en que los alumnos aprenden; la Física intenta explicar y analizar el comportamiento del mundo, para ello necesita recurrir a representaciones idealizadas y simplificadas, alejadas de lo que percibimos como realidad. La Física elemental está invadida de aproximaciones que facilitan los cálculos tanto al científico como a los estudiantes, pero alejadas de la realidad que percibe el alumno. Aprender Física supone un cambio epistemológico, aceptar que la Física nos proporciona modelos, teorías que permiten interpretar desde distintos punto de vista la realidad del mundo que no rodea, implica que los alumnos deban transitar distintas etapas para organizar sus teorías implícitas que ayudan a organizar el conocimiento de una manera simple; la primera fase conocida como realismo ingenuo, la segunda realismo interpretativo, para llegar al cambio conceptual, el que implica un cambio en los supuestos ontológicos, es decir un cambio en el conjunto de objetos a partir de los cuales el alumno construye su propia teoría. En su evolución hacia las teorías científicas, las teorías de los alumnos llevarían a aceptar la existencia de procesos que permiten explicar la evolución de un estado a otro, lo que implica que para aprender Física los alumnos deben comprender estos fenómenos no sólo como procesos sino como resultados de continuas interacciones dentro de un sistema.

Morín, citado por Tobón (2009) considera sugerencias didácticas para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje desde la complejidad.

En el presente trabajo citaremos aquellos que se consideran que contribuyen desde las materias básicas a la formación en las carreras de Ingeniería, en nuestro caso los ejemplos corresponden al área Física.

*A saber: Posibilitar espacios para que los estudiantes se relacionen.* Propiciar la auto observación y la autorreflexión individual y grupal con el fin de detectar y manejar errores y falsas dicotomías.

*Enseñanza de contenidos pertinentes:* Orientar actividades entorno a problemas reales que tengan sentido para el futuro profesional. Relacionar las partes con el todo y el todo con las partes. Integrar conocimientos de diferentes áreas mediante problemas y/o proyectos. Articular la educación con las necesidades culturales y laborales.

## 2. DESARROLLO

Al analizar el Diseño Curricular (DC) de cada carrera se observa la necesidad de formar a los estudiantes en el planteo de situaciones problemáticas próximas al trabajo profesional.

Trabajos de investigación dan cuenta que temas como; la dependencia de la temperatura con la naturaleza de la sustancia, la distinción entre los conceptos de calor, contenido energético y temperatura presentan serias dificultades en su construcción, los alumnos



poseen una visión de temperatura como mezcla de calor y frío de los cuerpos, o en otros casos sólo como una medida del calor contenido en cuerpo.

Desde las ciencias básicas, el tema seleccionado corresponde a Física II e involucra contenidos conceptuales que tienden a provocar un cambio conceptual en tópicos que son estructurantes en la formación básica del ingeniero. " Transferencia de energía térmica ", el mismo resulta relevante pues contribuye con el perfil y el campo ocupacional en lo referente a la formación analítica y técnica que requieren los estudiantes; a través de la interpretación y resolución de problemas, mediante el empleo de metodologías de sistemas y tecnologías de procesamiento de la información, así como relevante para la integración de la información proveniente de distintos campos disciplinares. Se entrena con ello en la participación, en la toma de decisiones estratégicas, en el desarrollo de modelos de simulación, así como en la propuesta de estudios conducentes a la creación y mejoramiento de técnicas de desarrollo de sistemas de información en el campo de la Ingeniería en Sistemas de Información.

Con referencia al perfil y campo ocupacional en Ingeniería Electromecánica, actividades de esta naturaleza contribuyen a la formación en cuanto prepara para interpretar la realidad de la región (visitas a plantas frigoríficas), del país y su inserción en el mundo; en el conocimiento de Sistemas o partes de sistemas de calefacción, ventilación, de distribución de agua caliente y fría, y de vapor saturado, en edificios no industriales.

En Ingeniería Civil el tema contribuye a la interiorización en la resolución de problemas de infraestructura, confort térmico: edificios, viviendas, etc.

De acuerdo a las competencias a formar se propone desde la cátedra de Física II situaciones problemáticas relacionadas con el perfil y el campo ocupacional de cada especialidad, a partir de un mismo contenido conceptual, en este caso: " Transferencia de energía térmica "

A través de un diálogo socrático se indaga sobre los saberes previos en conceptos relevantes para el tratamiento de la situación problemática propuesta, para luego desplegar las estrategias que conducirán a la solución.

### **2.1. Experimento de introducción**

El calor es la energía en tránsito entre dos o más objetos. Cuando la energía está en el interior de un objeto, a veces se denomina energía interna o energía térmica.

La energía térmica de un cuerpo es la suma de energía cinética total de todas las partículas que componen el cuerpo.

La temperatura es el valor medio de la energía cinética de todas las partículas que componen el cuerpo. La temperatura de un objeto no dice mucho acerca de la energía cinética de cualquier partícula de las que lo componen. El valor de la temperatura viene dado en una escala como la que se encuentra en un termómetro común.

Un termómetro mide la temperatura por medio de la dilatación y contracción de un líquido, normalmente mercurio o alcohol coloreado. La razón por la cual este método funciona es que el líquido se contrae y dilata de forma predecible y repetitiva cuando gana o pierde energía térmica. Por ejemplo, el mercurio contenido en un termómetro se dilata siempre hasta el mismo nivel cuando el extremo del termómetro se introduce en agua hirviendo y se contrae siempre hasta el mismo nivel cuando el extremo del termómetro se introduce en agua mezclada con hielo. El valor de la temperatura es una forma de hacer comparaciones. Si afirmamos que un líquido está a  $0^{\circ}\text{C}$ , queremos decir que el mercurio contenido en el termómetro se contraerá hasta el mismo nivel en que lo hizo al introducirlo en agua mezclada con hielo. La cantidad de energía térmica contenida en un cuerpo está

relacionada con la temperatura, pero la temperatura por sí misma no puede indicar mucho acerca de la energía térmica contenida en ese cuerpo.

*Teniendo en cuenta dos muestras de la misma sustancia (agua) queremos determinar cuál es la relación que existe entre la temperatura, el calor y la energía térmica de las mismas.*

## 2.2. Planteo del problema

### 2.2.1. Solución. Uso de sensores de Temperatura

Utilizamos el Sensor de temperatura y multímetros para medir la temperatura de 600 ml de agua mientras la caldera la calienta durante un determinado tiempo. A continuación, utilizamos el sensor para medir la temperatura de 1000 ml de agua mientras la misma caldera la calienta durante el mismo tiempo.

Registramos los datos con cronómetro y sensor de temperatura. Los datos son tomados cada 15 segundos. Comparamos la temperatura final de la muestra de 600 ml de agua con la temperatura final de la muestra de 1000 ml de agua.

Utilizamos una planilla electrónica para analizar datos y efectuar los gráficos mostrando la relación de temperatura frente al tiempo.

### 2.3.2. Análisis de los Datos

1. Configuramos la gráfica y la tabla para que muestre datos estadísticos tales como el mínimo y el máximo (Figuras 1 y 2).
2. Registramos los valores máximo y mínimo de la temperatura de la primera serie y segunda serie de datos. (Tabla 1 y 2)
3. Registramos la cantidad de agua empleada en cada serie.
4. Determinamos la variación de la temperatura y registramos el valor.

Tabla 1 – Mediciones de tiempo y temperatura

Masa 1 - 600 ml									
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp
15	22	75	24	135	28	195	36	255	46
30	22	90	24	150	30	210	38	270	47
45	23	105	26	165	32	225	41	285	49
60	23	120	27	180	34	240	43	300	51

Tabla 2 – Mediciones de tiempo y temperatura

Masa 2 - 1000 ml									
Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp	Tiempo	Temp
15	21	75	21	135	24	195	29	255	35
30	21	90	21	150	25	210	31	270	36
45	21	105	22	165	26	225	32	285	38
60	21	120	23	180	28	240	33	300	39

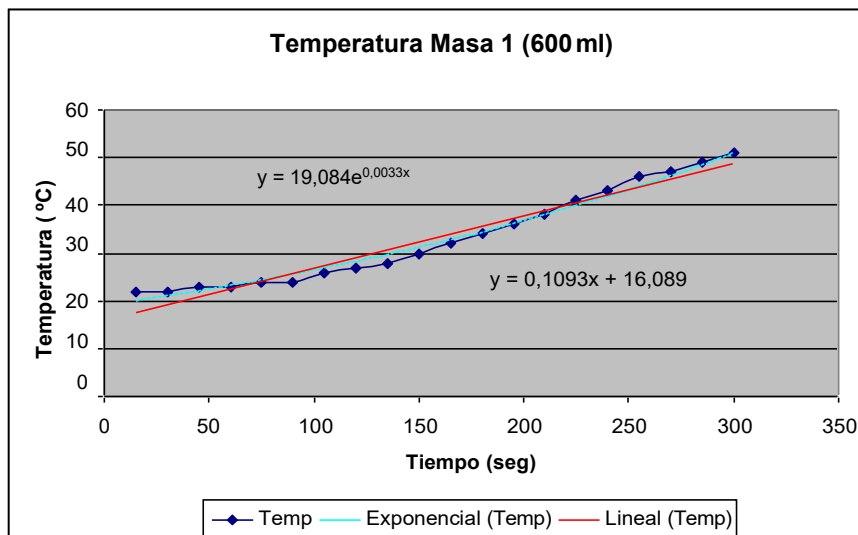


Figura 1 – Temperatura en función del tiempo – Ajuste de curvas – Masa 1

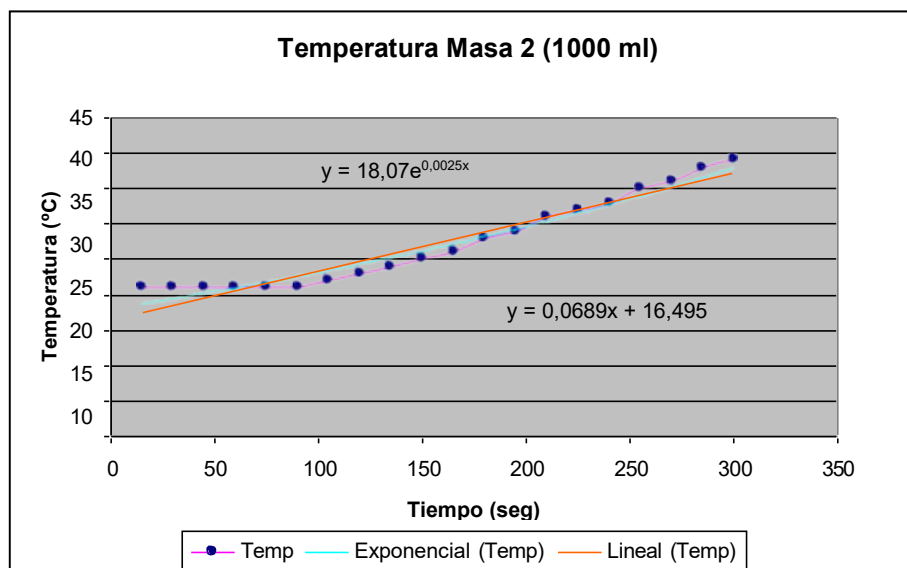


Figura 2 – Temperatura en función del tiempo – Ajuste de curvas – Masa 2

### 2.3. Tabla de Datos

Tabla 3 – Volúmenes y temperaturas		
Medida	Serie 1	Serie 2
Cantidad de agua	600 ml	1000 ml
Temperatura (máxima)	51 °C	39 °C
Temperatura (mínima)	22 °C	21 °C
Variación de la temperatura ( $\Delta T$ )	29 °C	18 °C

### 2.4. Cuestionario de reflexión

1. ¿Cuál es la variación de la temperatura de los 600 ml de agua en la Serie 1?
2. ¿Cuál es la variación de la temperatura de los 1000 ml de agua en la Serie 2?
3. Compare la variación de la temperatura en la Serie 1 con la variación de la temperatura en la Serie 2.

4. ¿Recibieron los 600 ml de agua la misma, más o menos energía térmica que los 1000 ml de agua?
5. ¿Por qué se diferencia la temperatura final de los 1000 ml de agua a la temperatura final de los 600 ml de agua?

### 2.5. Análisis de la experiencia

Como se pudo observar es necesaria más cantidad de energía térmica para elevar la temperatura de la masa mayor (tabla 3). Esto nos indica que existe una relación directa entre cantidad de calor suministrada a la muestra y el incremento de la temperatura (ecuación 1).

Así podemos inferir que

$$\Delta Q \sim m \Delta T \quad (1)$$

Donde:

#### $\Delta Q$ : VARIACIÓN DE CALOR

- m : masa de agua
- $\Delta T$  : variación de temperatura

### 3. ACTIVIDAD POR ESPECIALIDAD

Como segunda parte se plantean situaciones problemáticas para cada especialidad de las carreras de ingeniería, a saber:

*Para los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información:*

Determinación de la temperatura de trabajo de una computadora. Transferencia de Energía Térmica.

Pregunta conductora: “Cómo mejorar el rendimiento del funcionamiento de los microprocesadores en computadoras personales a través de un sistema de refrigeración, acorde con la solicitud de trabajo requerida”

*Para los alumnos de la carrera de Ingeniería en Electromecánica:*

- a. Tecnologías para la medición de temperaturas. Consignas: Analizar los sensores de medición de temperatura utilizando el procedimiento de análisis de producto tecnológico o lectura de un objeto. Dicho análisis debe estar documentado en la bibliografía entregada. Incluir en dicho análisis un informe de los distintos tipos de termómetros y sensores que se utilizan para medir temperaturas.

Material didáctico: termistor tipo NTC, con las siguientes características: Resistencia a 25 °C de 50 K $\Omega$ -Coeficiente de temperatura a 25 °C = - 4,84 %/° C.-

Constante de tiempo: 15 s-Constante de disipación: 1,4 mW/°C -Precisión de temperatura:  $\pm$  1 °C a 25 °C- Encapsulado: Epoxy.

- b. Transmisión de calor. Transferir los conceptos aprendidos a un caso real que es aislamiento de líneas de vapor.

Consignas de trabajo: .Relevar los datos necesarios de una línea de vapor para realizar el estudio de pérdidas de calor. Determinar las pérdidas de calor de la cañería.

Seleccionar el aislante conveniente y la protección para disminuir las pérdidas de energía. Realizar el estudio tecno-económico que resulta de los anteriores pasos.

*Para los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil*

- a. Se presenta la siguiente situación real. *“El Aislamiento Térmico como Situación Problemática en la enseñanza de la Física”* Un Ingeniero Civil recibe el siguiente planteo de un cliente: *“Mis dos preguntas son las siguientes: Si compro una casa y ésta, por defectos en la construcción del techo, presenta problemas de aislamiento térmico (mucho calor en verano, mucho frío en invierno), a quien puedo/tengo que demandar, al vendedor, al proyectista, al constructor, a varios de ellos...? Y mi segunda pregunta: puedo reclamar la indemnización en dinero correspondiente a la valoración de los daños o tengo que solicitar la reparación de los mismos?”*

Las consignas del trabajo consisten en: realizar el estudio correspondiente para determinar los niveles de confort térmico de la vivienda en cuestión, enfocándolo desde un punto de vista multidisciplinar: desde la Física, la Técnica Constructiva, los Ensayos de Materiales y desde el Derecho, entre otros. Aquí nos concentraremos en los contenidos propios de la Física.

El relato por parte del docente a los estudiantes comprende problemáticas como que la Ingeniería intenta reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente en la construcción de viviendas; realzando la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, del consumo de energía y del espacio construido manteniendo el confort.

Los edificios deben ser concebidos mediante un diseño que incorpore la inercia térmica mediante el uso de materiales de construcción que permitan la acumulación del calor en su masa térmica como el hormigón, la mampostería de ladrillos comunes, el suelo cemento, el agua, entre otros. Además, es necesario utilizar el aislamiento térmico para conservar el calor acumulado durante un día soleado. Para minimizar la pérdida de calor se busca que los edificios sean compactos, lo cual se logra mediante una relación baja entre superficie de muros, techos y ventanas respecto del volumen que contiene.

Las ventanas se utilizan para maximizar la entrada de la luz y energía del sol al ambiente interior mientras se busca reducir al mínimo la pérdida de calor a través del vidrio (un muy mal aislante térmico). En el hemisferio sur implica generalmente instalar mayor superficie vidriada al norte para captar el sol en invierno y restringir al máximo las superficies vidriadas al sur.

#### **4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

A partir del análisis de los logros obtenidos por los estudiantes, los que surgen del monitoreo de las actividades propuestas por el equipo docente, de las encuestas y entrevistas, se observa que: con referencia a las dificultades identificadas tales como: lenguaje coloquial versus lenguaje simbólico, interpretación de gráficos, identificación de variables, de coeficientes, se encuentra que; con los recursos y estrategias como las tratadas los alumnos superan rápidamente las dificultades para interpretar la simbología utilizada entre los esquemas teóricos y los elementos de laboratorio, en menor tiempo logran reconocerlos; además el docente al permitir que los alumnos diseñen el trabajo experimental promueve la creatividad, la reflexión y formulación de interrogantes que surgen de la observación y experimentación, al presentarse diferentes situaciones problemáticas que requieren de un mismo contenido conceptual.

En los que respecta a las mediciones con los instrumentos, como deben estar conectados de manera correcta para obtener los datos requeridos y volcarlos en tablas para su estudio y ponderación, con esto se estimula el análisis de resultados y en base a ellos la formulación de conclusiones

En esta etapa, los integrantes del equipo docente realizan las correcciones pertinentes para asegurar el buen funcionamiento de los instrumentos y evaluar en forma continua.



El gráfico 3 pretende expresar los resultados del rendimiento académico entre los años 2014 y 2018 en las cátedras de Física II en las tres especialidades; aunque este es solo una de los factores cuantificables en lo referente al beneficio de la propuesta de actividades de la docencia estratégica.

En el caso de las carreras Ingeniería Civil e Ingeniería Electromecánica para el año 2018 se inscribieron a cursar 56 alumnos, de los cuales el 42 % de ellos promocionó la asignatura, 47% regularizó y solo el 11% abandonó la materia. En el año 2017 (45 inscriptos) los porcentajes son similares al año 2018. Para el año 2016 (35 inscriptos) los porcentajes de promoción, regularización y abandono fueron 43%, 49% y 8% respectivamente. Finalmente en el año 2015 (49 inscriptos) los porcentajes fueron 49%, 47% y 4%, en el año 2014 (48 inscriptos) los porcentajes coinciden con el año 2016.

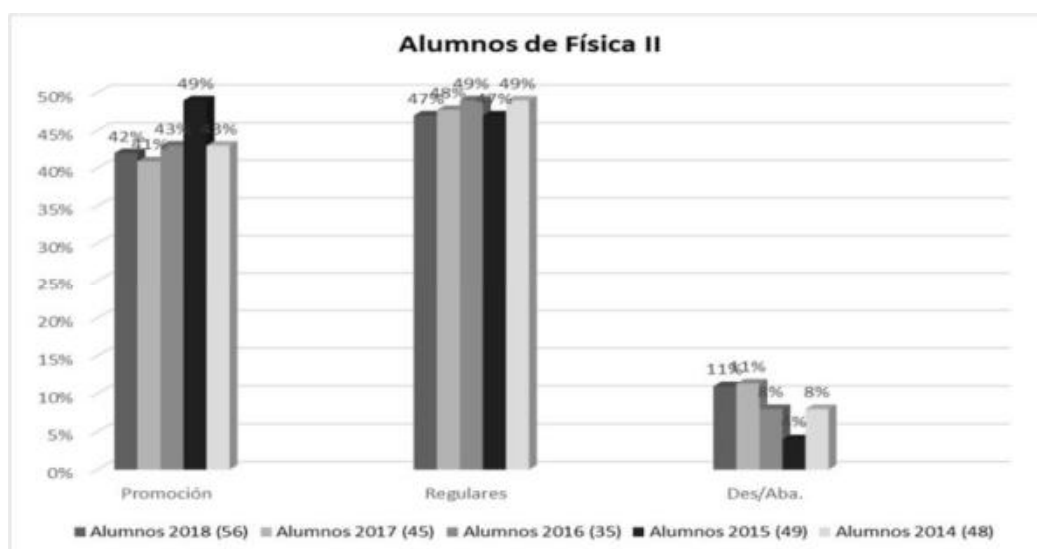


Figura 3 - Rendimiento académico 2014-2018

## 5. CONCLUSIONES

El diseño curricular de las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional postula la enseñanza basada en problemas que acerquen al alumno desde los primeros años al futuro trabajo profesional, la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria aconseja a su vez cátedras homogéneas para las materias básicas, por ello desde las cátedras de Física se propone la enseñanza de un eje temático en forma teórico-práctica, la que se complementa con una situación problemática que se identifica con el perfil y el campo ocupacional de cada carrera.

Actividades de esta naturaleza nos permite coincidir con autores mencionados en este trabajo, en que la docencia estratégica facilita la comprensión y regulación del proceso de enseñanza y aprendizaje, permitiendo a los estudiantes formar competencias como futuros profesionales, pues demandan actividades cognitivas muy complejas para resolver situaciones problemáticas, las que contribuyen a la adquisición de una forma sistemática de trabajar, como así también con el desarrollo de aptitudes y destrezas para interactuar en grupo y equipo desde los primeros años del nivel universitario.

Analizado el rendimiento académico de ciencias básicas (Matemática, Física y Química) en las especialidades de ingeniería que se dictan en esta Facultad Regional, en forma individual y conjunta; se observa que con referencia al rendimiento del grupo, éste se debe fundamentalmente al manejo de las herramientas matemáticas, a la relación docente - alumno (un docente cada 10 alumnos aproximadamente), a la relación teoría –práctica, al

uso de diversos recursos didácticos, al planteo de situaciones problemáticas referentes al perfil del egresado y a su futuro campo ocupacional.

Las actividades en el marco de la docencia estratégica que requieren para su solución un alto grado de abstracción de conceptos, son necesarias que se construyan a partir de casos concretos lo más próximos a la realidad.

Una formación más versátil resulta fundamental para que los futuros ingenieros puedan afrontar los cambios del futuro y resolver problemas diferentes en diferentes ámbitos del trabajo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Echagüe, J.M; Rodríguez Quiñones, M.T (2008) “La Concepción del conocimiento en las Prácticas Docentes”. FRCU- UTN
- Echazarreta, D. Haudemand R. (2009). “ Resolución de Problemas Integradores en la Enseñanza de la Física para Estudiantes de Ingeniería Civil “.Univ. Tecnológica Nacional, Facultad Regional. Formación Universitaria. Vol. 2(6), 31-38 doi: 10.1612/ form. univ.4297fu.09 -Chile
- Gil, S ; Rodríguez E. (2007) “ Física re-creativa” Argentina: Prentice Hall
- Pozo, J. Gómez Crespo M (2000) “Aprender y enseñar ciencia” Madrid: Editorial Morata. Segunda edición.
- Tobón, S. (2009) Formación basada en competencias: Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctico. Colombia: ECOE EDICIONES: Co. pp197-205.

## CHALLENGES OF THE LIFE CYCLE EVALUATION IN BRAZILIAN CONSTRUCTIONS

Lilian Cristine Witicovski ([liliwiticovski@gmail.com](mailto:liliwiticovski@gmail.com)); Nathalia Cardoso De Azevedo ([nataliaca.arq@gmail.com](mailto:nataliaca.arq@gmail.com)); Lorena Victória Januário Wosch ([lorenawosch@outlook.com](mailto:lorenawosch@outlook.com)); Sergio Fernando Tavares ([sergioft22@yahoo.com.br](mailto:sergioft22@yahoo.com.br)); Maria do Carmo Duarte Freitas ([carmemk2@gmail.com](mailto:carmemk2@gmail.com)); Alessandro Camargo da Silva ([ssandroales@gmail.com](mailto:ssandroales@gmail.com))

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Construção Civil (UFPR-PPGECC) - Brazil  
Universidade Paranaense (UNIPAR)- Brazil

**Keywords:** Minha Casa Minha Vida, Athena, Tally, BIM.

*The Life Cycle Assessment (LCA) aims to quantify impacts generated during the entire process of a given product, from raw material extraction to final use. This article describes the experience with the LCA software, Athena Impact Estimator for Buildings (IE4B) and plug-in Tally (non commercial), identifying its potential and its limitations through a case study, quantifying the Global Warming Potential (GWP), throughout the life cycle of a Brazilian house. The case study presents the definition of the project, the description of the software, the insertion of data from the house of the Brazilian Housing Program My House My Life (MCMV) and the qualitative analysis of the main fragilities or potentialities in using international inventory data and software. While the emergence of BIM-based LCA tools offers to help users such as architects, engineers, and contractors who are not LCA practitioners, this research shows that the tools include specific data input biases and methods which impact LCA outcomes. Thus, a more in-depth analysis of the constructive processes by the users is necessary, even if the project is in an initial phase.*

### 1. INTRODUÇÃO

O reconhecimento dos impactos gerados pelo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) sobre as mudanças climáticas nos últimos anos levou à necessidade de compromissos mundiais na redução de Gases do Efeito Estufa (GEE). Um dos principais setores responsáveis pela emissão desses gases é o ambiente construído, como resultado dos processos de extração, fabricação, construção, operação, manutenção e desconstrução (Iddon e Firth, 2013).

Estes impactos gerados podem ser identificados, analisados e quantificados pela Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) durante todo o ciclo de vida da edificação (Machado *et al*, 2015).

Porém, as técnicas de ACV no Brasil carecem de ferramentas adequadas e também de dados atualizados para a composição dos inventários, portanto, utilizam-se ferramentas de outros países. Além destas condições, o acesso de instrumentos para as análises por parte de profissionais ou estudantes ligados a construção é restrito (Tavares e Bragança, 2016).

A partir disso, o presente trabalho pretende identificar, qualitativamente, o potencial e as limitações do software canadense Athena Impact Estimator for Buildings (IE4B), e o *plug in* Tally, um aplicativo de ACV para o software BIM Revit, através de um estudo de caso, quantificando o Potencial de Aquecimento Global (Global WarmingPotential - GWP), durante todo o ciclo de vida de uma habitação brasileira. Deste modo, é possível compreender a implementação desse tipo de avaliação desde a fase inicial de desenvolvimento e tomada de decisões de projetos arquitetônicos.

Para a integração do BIM (*Building Information Modeling*) e ACV com o uso do *plug in* Tally no Revit, foi necessário um refinado detalhamento dos materiais, acabamentos e procesos

construtivos, este apontamento referente-se ao nível de desenvolvimento do modelo (LOD). De acordo com Soust-Verdaguer *et al* (2017) o LOD 300 é considerado o mais adequado para verificar os impactos ambientais durante os estágios iniciais do projeto. Outro ponto importante é que mais pesquisas com foco no uso de plataformas amigáveis podem oferecer melhores garantias para obter resultados rápidos, representativos e comparáveis.

Através deste processo de análise, profissionais de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) conseguem analisar desde a fase de concepção de projeto quais materiais ou elementos possuem maior carga ambiental, e assim podem ser compensados por outros elementos de construção ou substituídos buscando uma melhoria significativa no desempenho ambiental do projeto.

## 2. OBJETIVOS

Metodologicamente esta pesquisa pode ser classificada quanto à sua natureza aplicada, com uma abordagem qualitativa, é uma pesquisa descritiva que utilizou a estratégia do estudo de caso ao simular um projeto de casa-padrão popular com o plug-in Tally versão educacional e o *software Athena IE4B*.

Esta pesquisa apresenta uma análise comparativa dos resultados do impacto no ciclo de vida, avaliando as interfaces dos softwares analisados; entradas de dados dos quantitativos dos materiais e saída dos relatórios e gráficos por cada software; bancos de dados e a relação das técnicas construtivas brasileiras. Assim, dividiu-se em três etapas: (1) definição do projeto e modelagem no *software Revit* (2) inserção das informações da edificação no *software Athena IE4B*; extração do quantitativo com o uso do plug-in Tally (3) análise qualitativa sobre as principais fragilidades ou potencialidades da utilização do BIM com softwares internacionais, que não possuem um banco de dados voltado para o Brasil.

## 3. METODOLOGIA - APLICAÇÃO NO ESTUDO DE CASO

### 3.1. Software de ACV

A fim de comparar e classificar as diferentes ferramentas de informática que podem ser aplicadas ao setor de construção, é possível classificá-las em três níveis diferentes, que são (Malmqvist *et al.*, 2010 citado por Aljundi, 2017):

- Nível básico - São modelos simples com entrada e saída básicas cobrindo alguns impactos ambientais que podem ser executados em software de computação normal, como o MS Excel. Assim, eles são muito simples de usar.
- Nível médio - os cálculos de ACV são avaliados com a ajuda de software e ferramentas de construção. Exemplos dessas ferramentas são Ecosoft, Legep, Equer, Ecoeffect e Tally. Eles precisam de alguma experiência para lidar com este software, mas o nível avançado de conhecimento da ACV não é necessário.
- Nível avançado - são softwares de ACV apropriados com uma abordagem geral e abrangente. Exemplos destes são SimaPro e Gabi. Eles precisam de uma grande experiência e treinamento e um nível avançado de conhecimento de ACV é necessário para lidar com esses aplicativos de software em um nível de edifício.

O *Athena IE4B* permite avaliar a edificação por sistemas de montagem, que são divididas por fundação, piso, parede, vigas e colunas, cobertura e material extra. O *software* consegue estimar categorias de impacto, utilizando a ferramenta TRACI (*Tool for Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts*), durante todo ciclo de vida do edifício (do berço ao berço). O banco de dados do *Athena* fornece informações contidas nas EPDs (*Environmental Product Declaration*) desenvolvidas pelo próprio instituto ou por outras empresas. Também permite prever a energia operacional que será gasta pelo edifício

através da inserção de estimativas de consumo para cada tipo de fonte energética. Dessa forma, o software se caracteriza em nível avançado (ASMI, 2016).

O Tally é talvez a ferramenta que melhor está integrada a um programa BIM (corresponde a um plug-in do Revit), gerando inclusivamente um relatório em formato pdf e XML, o que permite trabalhar muito mais facilmente os resultados obtidos (SANTOS; SILVERTE, 2016). Tally é o resultado de um esforço colaborativo entre a Kieran Timberlake Architects, Thinkstep e a Autodesk. Enquanto trabalha em um modelo Revit, o usuário pode definir relações entre elementos BIM e materiais de construção das tabelas de pesquisa que contam com o banco de dados Gabi da Thinkstep. A metodologia Tally é consistente com os padrões LCA: *International Organization for Standardization* (ISO) 14040-14044, ISO 21930: 2017, ISO 21931: 2010, *European Standard* (EN) 15804: 2012 e EN 15978: 2011 (TALLY, 2018).

### 3.2. Inserção de dados

Para a aplicação dessa pesquisa foi selecionado como estudo de caso o projeto-padrão do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), que tem como objetivo garantir que famílias de baixa renda tenham acesso a moradia. A habitação escolhida possui 36,84m<sup>2</sup>, constituída por fundação em baldrame, alvenaria com blocos de concreto, esquadrias em madeira e cobertura estruturada em madeira com telha cerâmica (Figura 1).

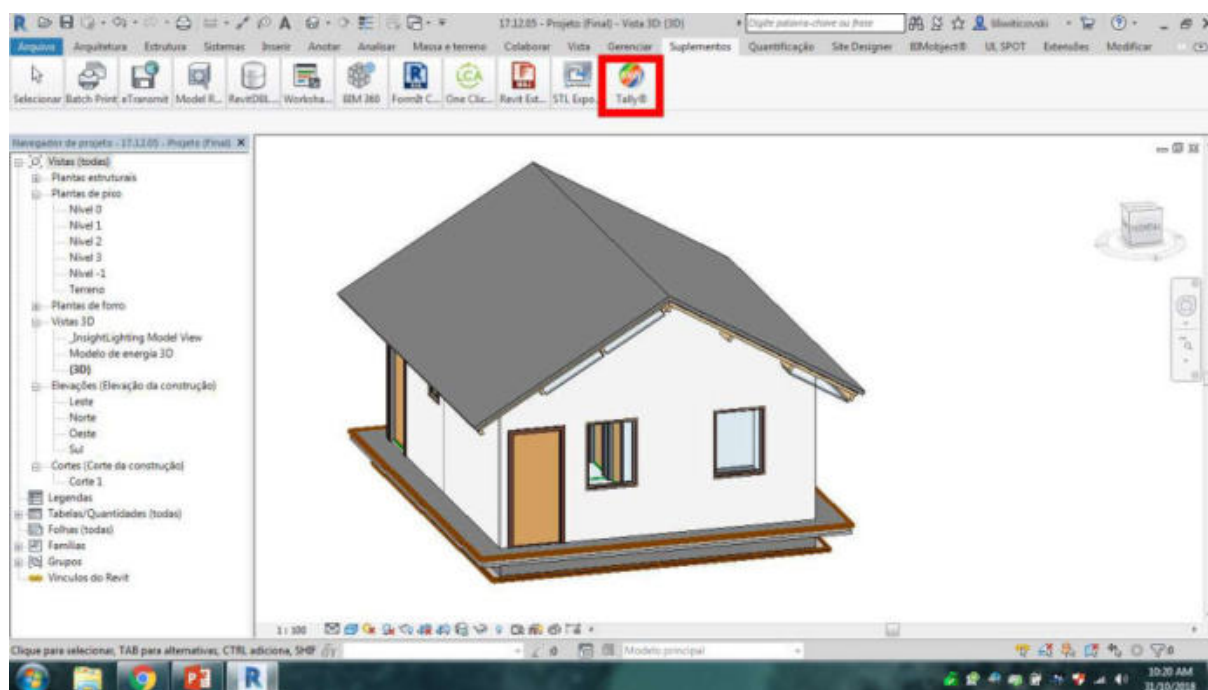


Figura 1. Modelo 3D do projeto-padrão

A casa-padrão foi modelada no *software Revit* com o intuito de utilizar o plug-in Tally e obter os quantitativos de forma automática, o software também possibilita a edição manual. A inserção de dados no *software Athena* é possível de duas maneiras: por meio de inserção de dados de maneira manual ou através da importação de planilha Excel com a lista de materiais provinda de programas CAD, porém o nome do material precisa estar organizado de maneira que o *software* consiga processar quais materiais foram escolhidos. Para este estudo, os dados foram inseridos manualmente.

No Athena, para criar um novo projeto são necessários: nome do projeto, localização, tipo de edificação, expectativa de vida do edifício, unidades, altura total da edificação, m<sup>2</sup> bruto, informações adicionais de projeto e consumo de energia na fase operacional.



A Figura 2 apresenta essa inserção de dados iniciais de acordo com o projeto selecionado - Localização escolhida: USA. Tipo de edificação: *single family residential*. Expectativa de vida do edifício: 50 anos. Consumo de energia na fase operacional: 117,18 kWh/mês de energia elétrica e 5,335 m<sup>3</sup>/mês de gás natural, com base no estudo desenvolvido por Costa (2012).

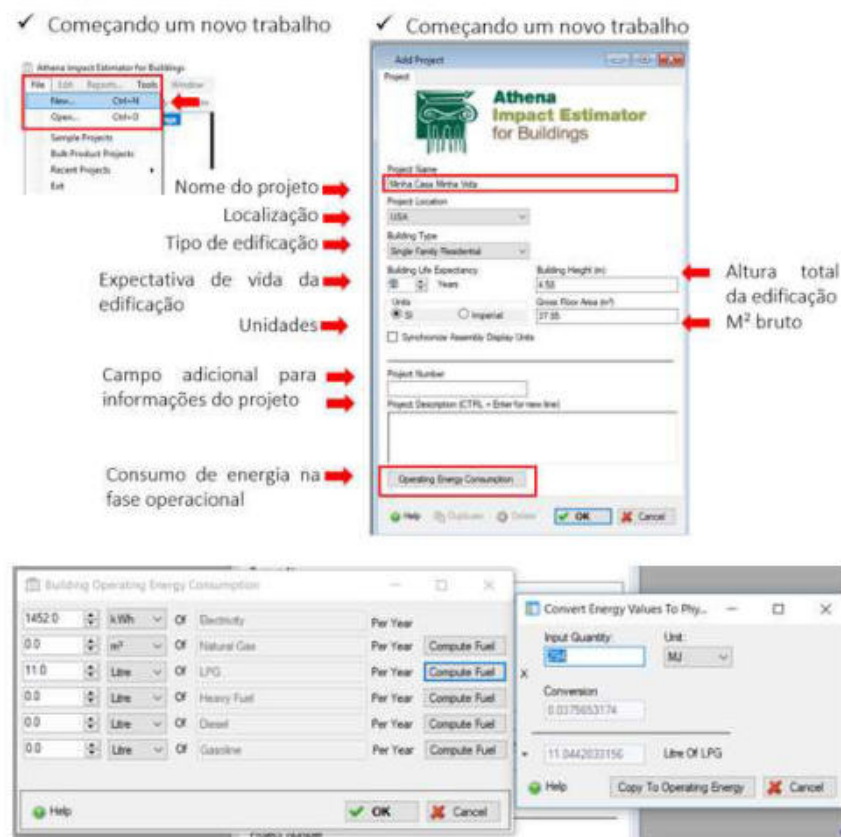


Figura 2. Iniciando um novo projeto no Athena e inserção de dados

No Tally, as informações da fase operacional são inseridas após todo o processo de escolha de materiais, que será apresentado mais à frente. A Figura 3 apresenta a inserção de dados de acordo com as informações inseridas no *Athena* - Localização escolhida: USA. Expectativa de vida do edifício: 50 anos. Consumo de energia na fase operacional: 117,18 kWh/mês de energia elétrica e 5,335 m<sup>3</sup>/mês de gás natural, com base no estudo desenvolvido por Costa (2012). Os impactos da fase de construção (eletricidade, gás e água) podem ser incluídos no relatório e as distâncias percorridas para a entrega de materiais podem ser editadas.

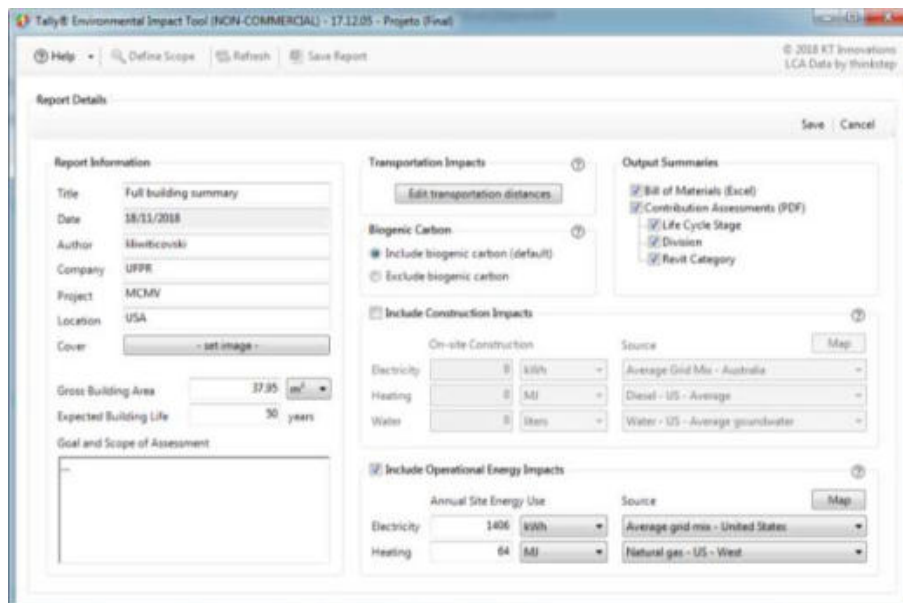


Figura 3. Inserção de dados detalhados para o relatório no Tally

A Figura 4 mostra como ficou o campo árvore do *software Athena* depois de adicionados todos os elementos de montagens da edificação. É possível fixar o Potencial de Aquecimento Global (GWP) em porcentagem ou valores em toneladas de GWP por elemento.

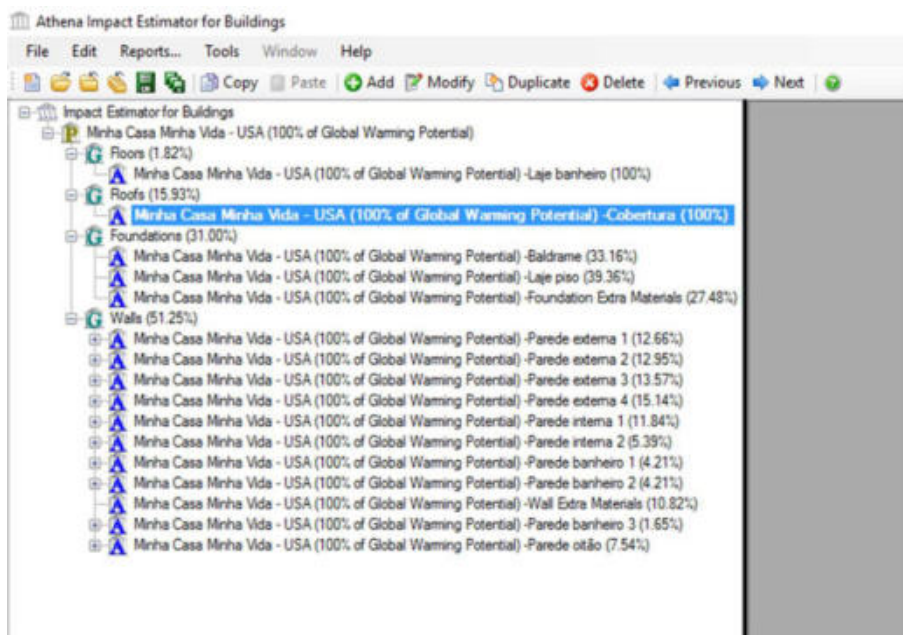


Figura 4. Campo árvore do projeto MCMV Athena

A Figura 5 mostra o campo árvore do Tally gerado automaticamente, a partir dos objetos utilizados no modelo, apresentando as informações detalhadas dos quantitativos e a descrição dos materiais escolhidos. O software sugere o período de manutenção para cada material, sendo possível a edição manual ou analisar de acordo com a data preenchida na expectativa de vida do edifício, como apresentado na figura 3. As bolinhas de cada material ficam verdes somente quando todas as informações são preenchidas.

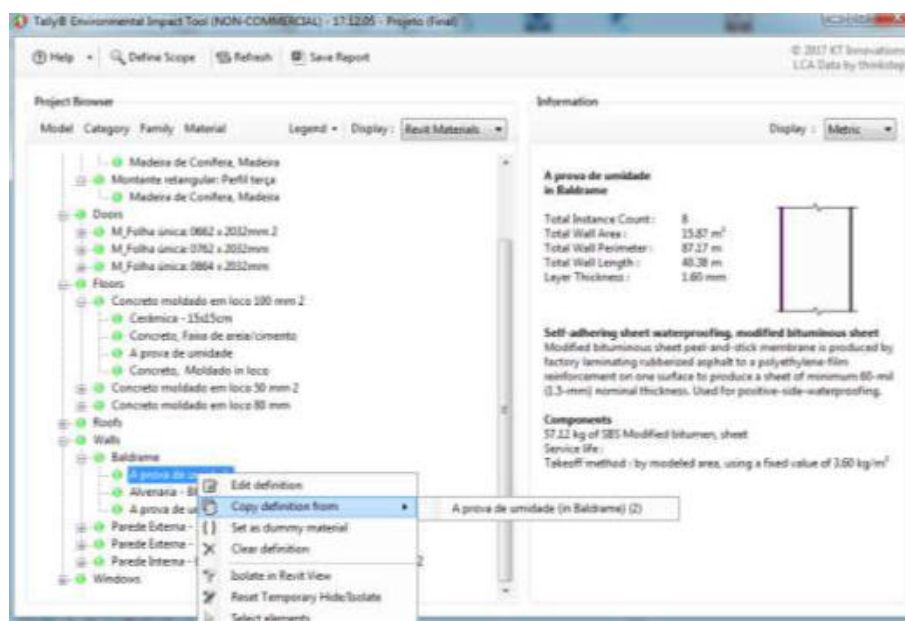


Figura 5. Campo árvore do projeto MCMV Tally

O software *Athena IE4B* permite a duplicação do projeto, a partir de um já existente, isso auxilia os profissionais da indústria AEC na tomada de decisões na escolha de materiais, pois podem ser feitas várias simulações possibilitando comparações.

O Quadro 1 apresenta os materiais que foram estipulados no Caderno da Caixa (2006) e os materiais que foram utilizados nos softwares como forma de adaptações dos sistemas construtivos.

Quadro 1 – Materiais especificados para o estudo de caso

QUADRO DE MATERIAIS			
Montagem	Caderno Caixa	Athena (IE4B)	Tally™
Fundação	Fundação direta (5 cm de lastro em concreto magro) / bloco de concreto 40 cm / barras 8.0mm	Concrete footing (base de concreto) / barras 10.0mm / 20MPa	Concreto estrutural leve / Bloco de concreto 20x20x60 / Aço de reforço 5/16" / folha betuminosa auto-aderente
	Laje em lastro de concreto 6cm / 20MPa	Concrete slab on grade 10 cm (laje de concreto) / 20MPa	Concreto estrutural leve, 2501-3000 psi
	Cimento liso*	Clay tile (telha cerâmica) (como revestimento cerâmico)	Cimento para nivelamento Azulejo de Porcelana
Parede	Blocos de concreto / barras 5.0mm	Concrete block (bloco de concreto) / barras 10.0mm	Bloco de concreto / Argamassa / barra 5/16" Tinta látex acrílico exterior
	Porta em madeira	Solid wood door (porta de madeira)	Porta de madeira / Acabamento à base de água / ferragem de alumínio / dobradiça de aço / fecho de ferro fundido
	Janela de correr em madeira (quarto e sala) / Janela tipo basculante (cozinha e banheiro) / Vidro simples espessura = 3mm	Unclad wood window frame double pane (janela não revestida com painel duplo de madeira) / Double glazing soft coated air (vidro duplo)	Moldura de madeira (quarto e sala) / Moldura de alumínio (cozinha e banheiro) / vidro 3mm /
	Revestimento cerâmico* / Pintura a base de cal internamente e externamente	Clay tile (telha cerâmica) / Water based latex Paint (Tinta latex à base de água)	Azulejo de porcelana / Tinta acrílica
Piso	Laje pré-moldada espessura 8cm	Concrete precast double T (concreto pré-moldado)	Concreto pré-moldado / Cimento de nivelamento /
Cobertura	Estrutura em madeira	Light frame wood truss (quadro leve de madeira)	Estrutura de madeira
	Telha cerâmica	Clay tile (telha cerâmica)	Telha cerâmica com adesivo poliuretano

Todos os materiais e opções pré-estabelecidas pelos softwares foram selecionadas o mais próximo possível do projeto da casa-padrão. As adaptações aconteceram devido a diferença de nomenclatura e também de metodologia construtiva mais evidenciado no software *Athena IE4B*.

#### 4. RESULTADOS OBTIDOS

O *Athena IE4B* e o Tally geram resultados quantitativos em forma de gráficos e tabelas, com saídas em arquivos Excel e em PDF. Com base na etapa de interpretação de ACV, gerados pelos softwares por categoria de impacto ou inventário, as tabelas e gráficos abaixo, consolidam a transformação de valores de emissões em dados concretos de impacto ambiental.

A Figura 6 apresenta o quantitativo do GWP embutido durante todo o ciclo de vida da edificação e na fase operacional, assim como, o quantitativo o GWP por grupos de montagem gerados pelo *Athena IE4B*.

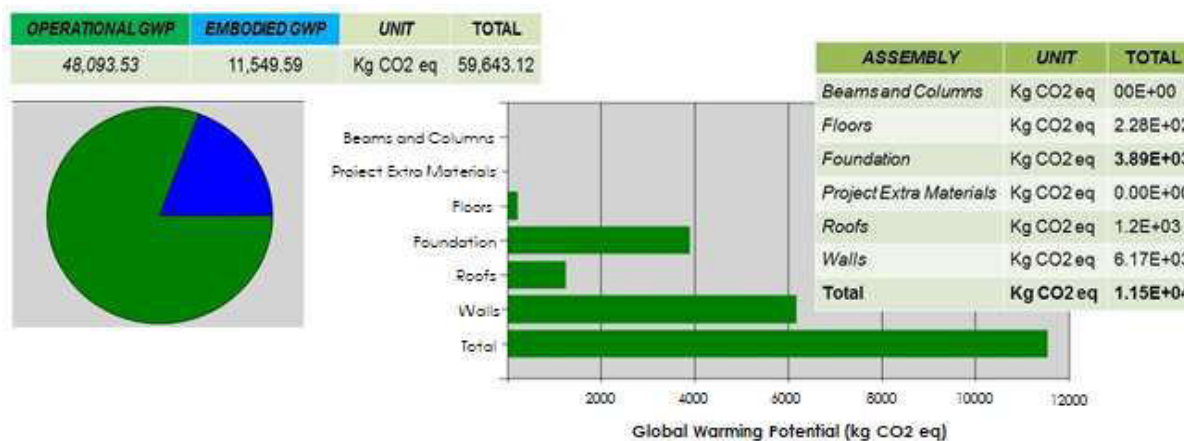


Figura 6. Potencial de Aquecimento Global (GWP) embutido e operacional. Athena IE4B.

A Figura 7 apresenta o quantitativo do GWP embutido durante todo o ciclo de vida da edificação e na fase operacional, assim como, o quantitativo o GWP por grupos de montagem gerados pelo Tally.

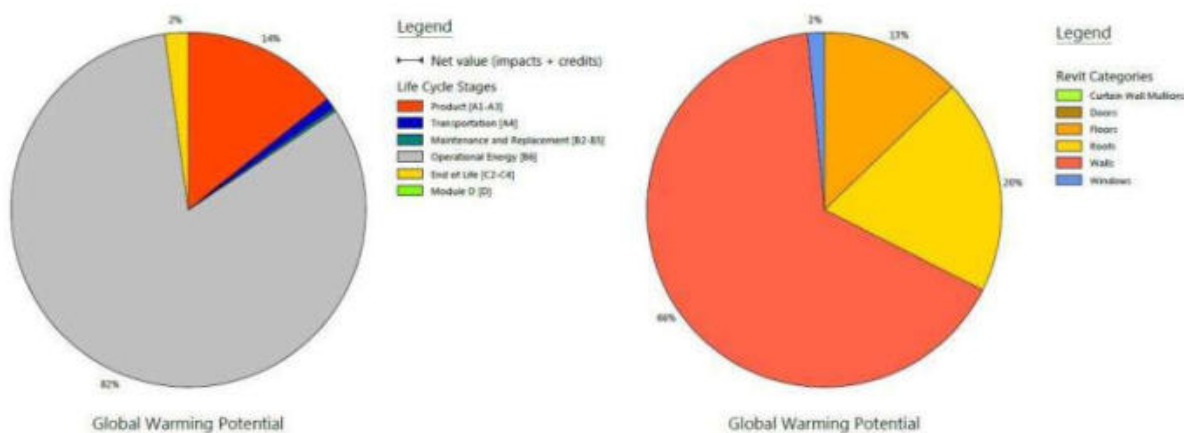
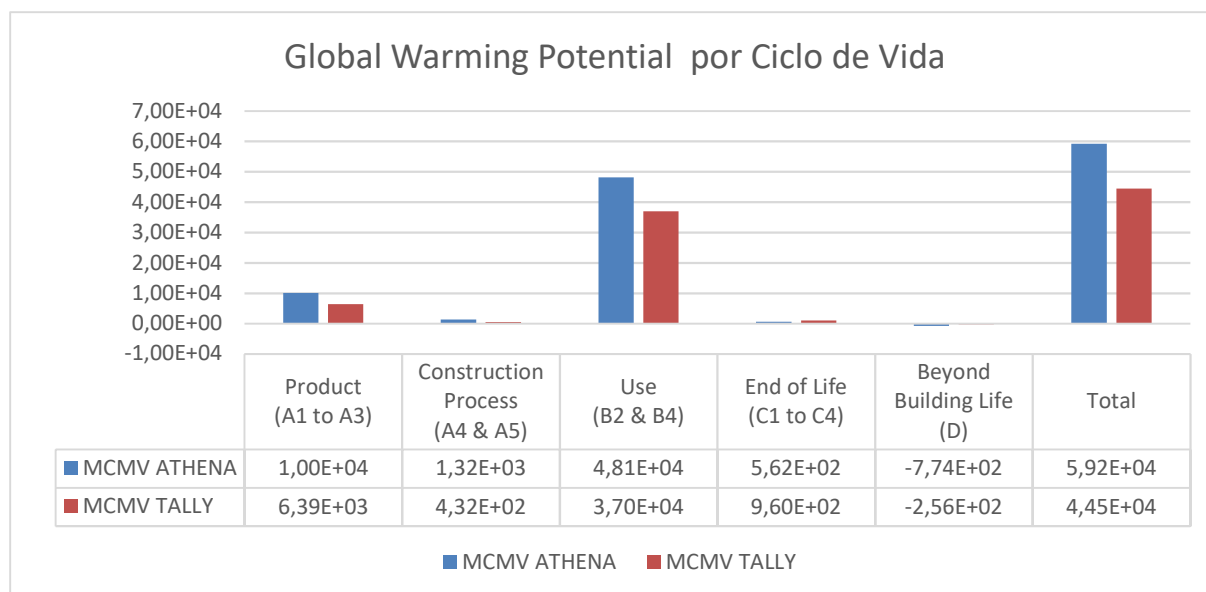


Figura 7. Potencial de Aquecimento Global (GWP) embutido e operacional. Tally.

Como pode ser observado na figura 6 e 7, o software Athena estimou aproximadamente 19% e 81% respectivamente para o GWP Embutido (materiais primários, fabricação, transporte e construção) e para a fase operacional. Já o Tally considerou 18% e 82%



respectivamente para o GWP embutido e para a fase operacional. Na figura 8 é apresentado os quantitativos gerados pelos dois softwares.



**Figura 8.** Comparação do Potencial de Aquecimento Global (GWP).

Mesmo considerando informações semelhantes de projeto para ambos os softwares, e aplicando o mesmo consumo para a etapa operacional, os resultados foram divergentes. O objetivo desta pesquisa não é comparar os resultados quantitativos gerados pelos softwares, porém esses resultados evidenciam a importância de o usuário compreender como as ferramentas de ACV funcionam, e se sua base de dados é confiável, para que seja possível obter resultados mais próximos possíveis da realidade.

## 5. DISCUSSÕES

O *software Athena IE4B* foi escolhido para realizar a ACV do estudo de caso, a partir dos seguintes aspectos: financeiro, o *software* é gratuito; O plug-in Tally possui uma versão não comercial para estudantes. Ambos possuem atualizações constantes do banco de dados, porém os dados do inventário são fechados, não permitindo que o usuário coloque sua própria base de dados e tampouco crie novos materiais; no Tally há algumas opções de materiais personalizados.

Outros pontos positivos encontrados nos dois softwares: suporte técnico disponível, tanto através de tutoriais no *Youtube*, quanto manuais para *download* no site e retorno de dúvidas por e-mail é rapidamente.

No Athena os dados são apresentados com transparência, onde o link de cada EPD, utilizada no banco de dados, estão disponíveis para acesso, além dos dados para as categorias de impacto. Além disso, seu sistema é limitado aos Estados Unidos da América e ao Canadá, o que dificulta encontrar materiais compatíveis com a realidade brasileira. Portanto, para simular o estudo de caso, foram escolhidos os materiais mais semelhantes ao projeto da casa-padrão.

Na versão educacional Tally, é permitido que o projetista use como método de Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida (AICV) somente o TRACI 2.1, com as seguintes categorias: acidificação, eutrofização, mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, formação de poluentes atmosféricos e demanda energética primária. Esse é um método norte-americano, que retrata condições específicas e não é indicado para outras realidades, como é o caso do Brasil. Um método com abrangência mais global é o CML, que também é recomendado pelas normas EN 15978 (CEN, 2011) e EN 15804 (CEN, 2013), que



provavelmente seria mais adequado. Em sua versão profissional o plug-in permite a utilização desse método, como outros como IMPACT 2002+, ReCiPe, Ecoindicator, etc. (Moura *et al*, 2015).

Ambos possuem cálculo de energia operacional, porém, a fonte energética utilizada difere do contexto brasileiro.

Foi possível observar, nos dois softwares, uma interface amigável e intuitiva. Para obter resultados mais precisos é necessário ter algumas informações mais avançadas do projeto arquitetônico e estrutural. Dessa forma, é imprescindível o conhecimento dos materiais e processos construtivos, o que torna necessário o trabalho colaborativo com o time de projeto.

Um benefício do Tally com relação ao Athena IE é que, à medida que o projeto evolui, os dados de ACV do projeto seguem a qualidade do refinamento do modelo Revit e não exigem o recálculo externo de dados quantitativos, das alterações sofridas no projeto. A extração dos dados e quantitativos são gerados automaticamente na árvore, como observado na figura 4, dessa forma, o resultado é cada vez mais preciso, o que ajuda na tomada de decisões à medida que o projeto evolui.

Pôde-se observar que, a modelagem auxiliou no levantamento de quantitativos, assim como o caderno da CAIXA colaborou na estimativa das cargas estruturais para a inserção de informações no *software Athena*, mesmo que realizada manualmente.

## 6. CONCLUSÕES

As simulações permitem que os profissionais da indústria AEC avaliem toda a edificação e seus sistemas de montagem auxiliando na tomada de decisões, principalmente durante a escolha dos materiais, e possibilitando comparações e documentações do mesmo projeto com sistemas construtivos diferentes.

Apesar dos softwares não serem aplicados especificamente para o Brasil, pode-se realizar uma estimativa de impactos ambientais dos materiais empregados na edificação, e assim, promover melhorias nas escolhas desde a fase de projeto. Independentemente da localização é possível fazer a comparação entre materiais permitindo que os profissionais visualizem as melhores opções. É importante evidenciar que os usuários devem compreender como os softwares funcionam e também a confiabilidade em sua base de dados, para que os resultados sejam o mais próximo da realidade.

Dessa forma, a ACV é uma ferramenta essencial em busca de uma economia mais sustentável, onde é possível identificar oportunidades de melhoria nas fases iniciais de projeto e assegurar compras de materiais que possuem um menor impacto ambiental. Um projeto com a sustentabilidade, desde as fases iniciais, promove além das questões de conforto térmico, de iluminação e ventilação na fase de uso, promove, também, uma interação com as questões culturais e socioeconômicas. Para tanto, a promoção e incentivo deve ser feito para profissionais da construção civil e fabricantes de materiais, quanto para os estudantes de arquitetura e engenharia, para que tenham as questões ambientais enraizadas nos processos construtivos.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aljundi, K. (2017). *Is BIM an effective methodology to integrate LCA in the buildings' design? Case study: building of the University of Aveiro (Master's thesis, Universidade de Aveiro)*. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/23198>
- ASMI, Athena Sustainable Materials Institute (2016). *User Manual and Transparency Document: Impact Estimator for Buildings v.5*. Ottawa: ASMI. Disponível em: <https://calculatelca.com/software/impact-estimator/user-manual/>.

- CAIXA, Caixa Econômica Federal (2006). *Cadernos Caixa Casa Padrão: casas populares*. Vitória: CAIXA. Disponível em: <<https://abenc-ba.org.br/wp-content/uploads/2017/04/Modelo-Padr%C3%A3o-de-Casa-1.pdf>>.
- Costa, B. L. C. (2012). *Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizando na construção civil no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFPR). Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://wwww.coc.ufrj.br/teses/mestrado/Novas\\_2012/TESES/COSTA\\_BLC\\_12\\_T\\_M\\_.PDF](http://wwww.coc.ufrj.br/teses/mestrado/Novas_2012/TESES/COSTA_BLC_12_T_M_.PDF)>.
- Iddon, C. R.; Firth, S. K. (2013). *Embodied and operational energy for new-build housing: A case study of construction methods in the UK*. *Energy and Buildings*, v. 67, p. 479-488. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813005380>>.
- Machado, F. A.; Simões, C. C.; Moreira, L. C. S. (2015). *Potencialidade da integração do BIM ao método de Avaliação do Ciclo de Vida das edificações*. In: 9º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 9.; Encontro Latino Americano de Gestão e Economia da Construção. São Carlos. Anais... São Carlos: SIBRAGEC ELEGEC. p. 527-535. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC\\_2015\\_submission\\_170.pdf](http://www.infohab.org.br/sibraelagec2015/artigos/SIBRAGEC-ELAGEC_2015_submission_170.pdf)>.
- Moura, L. V. O.; Nascimento, M. L. M.; Caldas, L. R. (2018). *BIM e avaliação do ciclo de vida (ACV) no projeto de edificações: estudo de caso para plug-in Tally*. VI Congresso brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, Brasília. Disponível em:
- [https://www.researchgate.net/publication/327164554\\_BIM\\_E\\_AVALIACAO\\_DO\\_CICLO\\_DE\\_VIDA\\_ACV\\_NO\\_PROJETO\\_DE\\_EDIFICACOES\\_ESTUDO\\_DE\\_CASO\\_PARA\\_PLUG-IN\\_TALLY](https://www.researchgate.net/publication/327164554_BIM_E_AVALIACAO_DO_CICLO_DE_VIDA_ACV_NO_PROJETO_DE_EDIFICACOES_ESTUDO_DE_CASO_PARA_PLUG-IN_TALLY)
- Santos, R.; E. Neves; D. Silvestre; A. A. Costa. (2016). *Integração de BIM Com Avaliação Do Ciclo de Vida : Análise Do Estado Da Arte e Das Ferramentas Disponíveis*. Conference: CINCO'S'16 At: Lisbon, Portugal. Disponível em:
- [https://www.researchgate.net/publication/309733082\\_Integracao\\_de\\_BIM\\_com\\_Avaliacao\\_do\\_Ciclo\\_de\\_Vida\\_analise\\_do\\_estado\\_da\\_arte\\_e\\_das\\_ferramentas\\_disponiveis](https://www.researchgate.net/publication/309733082_Integracao_de_BIM_com_Avaliacao_do_Ciclo_de_Vida_analise_do_estado_da_arte_e_das_ferramentas_disponiveis)
- Soust-Verdaguer, B.; Llatas, C.; García-Martínez, A. (2017). *“Critical Review of Bim-Based LCA Method to Buildings.”* *Energy and Buildings* 136: 110–20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.009>.
- TALLY- Overview e FAQ: “Descrição do plug-in TALLY”. Disponível em: < <http://choosetally.com/>> Acessado em novembro de 2018.
- Tavares, S. F.; Bragança, L. (2016). *Índices de CO<sub>2</sub> para materiais de construção em edificações brasileiras*. In: SBE16 Brazil & Portugal: Sustainable Urban Communities Towards a Nearly Zero Impact Built Environment. Anais... Vitória: SBE Series. p. 927-936. Disponível em: <[http://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol\\_2-Pag\\_927.pdf](http://sbe16.civil.uminho.pt/app/wp-content/uploads/2016/09/SBE16-Brazil-Portugal-Vol_2-Pag_927.pdf)>.

## 8. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi conduzido com suporte de bolsas de estudos financiadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) na Universidade Federal do Paraná.

# REFLEXÕES SOBRE GESTÃO AMBIENTAL NOS PLANOS DE DESENVOLVIMENTO DE INSTITUIÇÕES PÚBLICAS BRASILEIRAS DE ENSINO SUPERIOR

*Dinara Paixao (acusticaufsm@yahoo.com.br); Dilmar Paixão (dilmar.paixao@ufrgs.br);  
Amanda Sagrilo (amandavs94@gmail.com); Elaise Gabriel (elaisegabriel@hotmail.com)*

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Brazil

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) - Brazil

**Palavras chaves:** gestão ambiental, desenvolvimento institucional, universidades.

*A Universidade é um espaço complexo, que abriga pessoas e seus valores, por isso necessita respeitar as diferenças e enfatizar a preservação ambiental. Ela é responsável pelos ensinamentos que disponibiliza aos profissionais egressos dos seus cursos de graduação e pós-graduação. Essas pessoas terão atuações na sociedade e, alguns deles, vão retornar para a Universidade, como docentes. O texto tem o objetivo de propor reflexões sobre a maneira como a gestão ambiental é tratada no documento denominado Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) de universidades públicas brasileiras. O estudo empregou duas linhas de análise. A primeira considerou as cinco instituições mais destacadas em classificação reconhecida pelo Ministério da Educação. A segunda linha considerou uma análise regionalizada com instituições antigas e recentes. Além disso, é demonstrada a complexidade da gestão ambiental numa universidade, por meio da exemplificação de ações e necessidades. A maioria da comunidade acadêmica não conhece o PDI, embora ele esteja no site da universidade e tenha sido elaborado com a participação de seus representantes. A gestão política e administrativa das universidades é respeitada e prestigiada nas comunidades, portanto pode ser exemplo e influir, positivamente, ao adotar políticas sérias e viáveis de gestão ambiental. Os resultados enfatizam que a Universidade precisa contribuir, apontar rumos, sugerir alternativas, elaborar pensamentos, pesquisar situações, projetar resultados e estudar contextos, incentivando e se direcionando para o bem da coletividade.*

## 1. INTRODUÇÃO

A Universidade é um espaço complexo, maior do que as suas dimensões institucionais físicas e geográficas. Abriga a convivência de distintas pessoas e seus valores. Apresenta, portanto, responsabilidade pública, gerando a necessidade de reflexões problematizadoras, que favoreçam condições adequadas para a vida humana.

A construção de ideias em espaços coletivos de conhecimento, instigadas por responsabilidade social, que respeitem as diferenças e enfatizem a preservação ambiental é o principal fundamento esperado da instituição universitária.

As políticas gestoras, que determinam os rumos das instituições, constam em documentos, como o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), geralmente publicados em seus respectivos sites. Há requisitos especificados na legislação do setor educacional que aproximam a redação dos documentos oficiais de distintas instituições.

A missão, a visão, os princípios e os valores são quatro pontos referenciais que orientam a gestão, pois mencionam objetivos, como: o desenvolvimento da educação superior, a excelência e o compromisso social, a formação das pessoas e a ênfase ao conhecimento capaz de promover as transformações sociais necessárias e inadiáveis. (PAIXÃO, 2018)

A autonomia universitária, a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, a pluralidade, a democracia e o respeito à dignidade da pessoa humana, correspondem aos desafios de pronunciar os valores da responsabilidade social, da transparência, da inclusão, da inovação, da internacionalização e da interdisciplinaridade. (PAIXÃO, 2018)

Pelo artigo 207 da Constituição Brasileira, as universidades possuem autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, correspondendo ao princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão (BRASIL, 1988).

A gestão de uma universidade é mais do que a administração ou o gerenciamento de uma entidade legalmente estabelecida, pois a estimativa de seus recursos pode ultrapassar o orçamento de muitos municípios brasileiros.

Além disso, é preciso reconhecer que o desenvolvimento tecnológico, juntamente com as formas de organização social, tornou os seres humanos responsáveis por intervenções na natureza, que exploram de maneira exaustiva os recursos ambientais, via de regra de forma predatória e desordenada, sem a preocupação com a escassez ou a extinção de espécies.

É importante, por isso, adotar um desenvolvimento que englobe não somente os aspectos econômicos, mas também a preocupação com a preservação da ambiência natural, com atenção em fatores sociais, culturais e políticos, com o intuito de fazer uso dos recursos do planeta de forma racional, sem esgotá-los, permitindo a manutenção da boa qualidade ambiental para as gerações futuras.

Assim, destaca-se a importância da gestão ambiental, conceituada por Christie, Rolfe e Legard (1995) como um conjunto de disciplinas e técnicas que direcionam as organizações, de maneira que seus processos resultem mais limpos, prevenindo a poluição e as perdas dos insumos e recursos. Maimon (1999) ressalta que a gestão ambiental é um conjunto de procedimentos, os quais visam promover a gerência e a administração de uma organização e sua interação com o meio ambiente, determinando a conquista da qualidade ambiental desejada.

Observa-se, portanto, que são inúmeras as reflexões problematizadoras admissíveis, principalmente, sobre o sistema gestor, o compromisso e a educação social nas universidades públicas brasileiras.

## 2. OBJETIVO

O objetivo do estudo é propor reflexões sobre a presença da gestão ambiental, enquanto compromissos e práticas, nos Planos de Desenvolvimento Institucional de universidades públicas brasileiras.

## 3. ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS

A partir da identificação das instituições de ensino superior brasileiras no site do Ministério da Educação (MEC), optou-se por estabelecer duas linhas de análise. A primeira considerou as cinco instituições que apresentaram os melhores desempenhos no *ranking* elaborado pelo Jornal Folha de São Paulo e citado no site do MEC. A segunda linha teve por critério a regionalização no extremo sul do Brasil e, por isso, avaliou as sete universidades federais localizadas no Rio Grande do Sul, o estado mais meridional do Brasil, que faz fronteira com a Argentina e o Uruguai. Para corroborar a pesquisa particularizou-se o caso da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, estabelecendo-se uma análise combinada com propostas, visando colaborar para a melhoria da gestão ambiental na instituição.

O Ranking Universitário Folha (RUF) é uma avaliação anual dos 195 institutos públicos e privados de ensino do país, utilizando bases de dados e pesquisas de opinião. O resultado considera cinco componentes: ensino, pesquisa, mercado, inovação e internacionalização. A

ordem decrescente das melhores avaliadas, divulgada em 2018, contempla: Universidade de São Paulo (USP); Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). (GRANATO, 2018)

Constata-se que todas essas universidades são públicas. Duas são estaduais (USP e UNICAMP) e localizadas no estado de São Paulo. As outras três são federais. Além disso, as quatro primeiras (USP, UFRJ, UFMG e UNICAMP) estão na região sudeste e a quinta (UFRGS) está na região sul do Brasil, por isso a importância do olhar regionalizado. Optou-se por analisar as sete universidades públicas federais do Rio Grande do Sul, as quais apresentam realidades diferentes, inclusive pelo fato de serem antigas ou recentes. Além da UFRGS, são elas: a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), a Fundação Universidade do Rio Grande (FURG), a Faculdade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (FFCSPA), a Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) e a Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA).

A partir do estudo do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) de cada universidade, procurou-se identificar as questões relativas à gestão ambiental e, por fim, executou-se uma análise propositiva sobre a UFSM, para exemplificar os desafios enfrentados pelas instituições de ensino superior, cujas atividades de ensino, pesquisa e extensão são extremamente diversificadas.

## **4.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O estudo da legislação que determina a elaboração do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) pelas instituições de ensino superior inicia o item Resultados e Discussões. Na sequência, é apresentado um relato sobre os achados relativos às questões ambientais citadas nos PDI das universidades analisadas. A seguir, há a exemplificação das ações implementadas na UFSM, enfatizando as dificuldades enfrentadas por esse tipo de instituição, tendo em vista às diversificadas atividades de ensino, pesquisa e extensão.

### **4.1 PDIs nas universidades brasileiras**

O Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) é uma das dimensões obrigatórias citadas no Art. 3º da Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004, que instituiu o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES. (BRASIL, 2004).

Além disso, o Art. 16 do Decreto nº 5.773, de 9 de maio de 2006 estabelece os elementos mínimos que devem constar no PDI. Resumidamente, são eles: I- missão, objetivos e metas da instituição; II- projeto pedagógico; III- cronograma de implantação e desenvolvimento da instituição e de cada um de seus cursos; IV- organização didático-pedagógica da instituição; V- perfil do corpo docente; VI- organização administrativa da instituição; VII- infraestrutura física e instalações acadêmicas, como: biblioteca, laboratórios e acessibilidade; VIII- oferta de educação à distância; IX- oferta de cursos e programas de mestrado e doutorado; X- demonstrativo de capacidade e sustentabilidade financeira. (BRASIL, 2006)

Assim, o PDI orienta o crescimento, a trajetória e a direção projetada de cada universidade, constituindo-se num conjunto de políticas estimuladoras do comprometimento com os interesses da sociedade, por uma educação superior de qualidade, com a melhor aplicação dos recursos disponíveis.

### **4.2. A gestão ambiental no PDI das universidades estudadas**

O Plano de Desenvolvimento Institucional da Universidade de São Paulo (USP) abrange o período de 2012 a 2017. Expõe medidas como a inclusão de critérios referentes à sustentabilidade nas compras e contratações de serviços (“compras verdes”) e a elaboração e implementação de Planos Diretores Socioambientais em todos os campi. As metas



incluem promover ações voltadas para a mobilidade sustentável, gestão de resíduos, gestão do uso do solo e redução dos impactos ambientais de edificações. Além disso, compromete-se a promover processos educativos (aulas, disciplinas, palestras, cursos, oficinas, campanhas, eventos) sobre sustentabilidade, para diferentes públicos da universidade. Há programas para a sustentabilidade na gestão hídrica e de energia. Percebe-se que, apesar de existirem comissões imbuídas da gestão ambiental, elas não se articulam nas decisões, embora a existência da superintendência de gestão ambiental na universidade (USP, 2014).

O PDI da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) contempla os anos de 2012 até 2023. Ele não destaca especificamente medidas de gestão ambiental ou sustentabilidade. Aborda o tema de forma superficial, em um tópico de gestão de riscos. Nesse tópico está previsto melhorar o desempenho em saúde e segurança, bem como a proteção do meio ambiente. Estabelece, também, como meta de longo prazo, a efetivação do PDI instituindo novas formas de fornecimento de energia, sustentável e limpa, para melhor eficiência das despesas com energia (UFRJ, 2018).

O Plano de Desenvolvimento Institucional da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), anos de 2013 a 2017, abrange a temática da gestão ambiental por meio de medidas de interferência. Conta com o Departamento de Gestão Ambiental, vinculado à Pró-Reitoria de Administração, criado para a preservação e proteção do meio ambiente. Cabe ao citado Departamento: a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Químicos, a implantação de coleta seletiva de resíduos, a melhoria das condições de compostagem, tomar medidas adequadas para o descarte ou o reaproveitamento dos resíduos químicos e a regularização do licenciamento ambiental dos campi. (UFMG, 2013).

A Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) apresenta em seu Planejamento Estratégico, para os anos de 2016 a 2020, ações que promovam a sustentabilidade desenvolvendo a prática de preservação ambiental, incentivando o Campus Verde, promovendo a qualidade da vida, proporcionando acessibilidade e segurança no Campus e investindo na criação dos *living labs*, criando oportunidades de inserir o assunto sustentabilidade no cotidiano das atividades de ensino. O Planejamento Estratégico não estabelece metas ou como atingir esses objetivos. (PLANES, 2016).

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) traz metas em seu PDI, definido para os anos de 2016 a 2026, que buscam: melhorar a sustentabilidade e a gestão ambiental, por meio de estratégias que promovam a cultura da sustentabilidade; incentivar a captação e o aporte de pessoas, recursos tecnológicos e financeiros em benefício da universidade como um todo; aplicar as tecnologias desenvolvidas em seu próprio benefício; e fortalecer a política de sustentabilidade econômica, financeira, social e ambiental. Propõe um sistema de gestão ambiental que envolva ações no campo da educação ambiental, diagnósticos e planos de gestão ambiental monitorados por indicadores, que permitam avaliar os avanços na direção da sustentabilidade, embora não especifique esses indicadores. Como valores previstos no PDI da UFRGS, estão a responsabilidade social, a transparência, a inclusão, a responsabilidade ambiental, a promoção do bem-estar social, a inovação, a internacionalização e a interdisciplinaridade (UFRGS, 2016).

Além da UFRGS, que é a universidade mais antiga localizada no Rio Grande do Sul, o presente trabalho analisa as outras seis universidades federais situadas no estado, seguindo a cronologia decrescente de antiguidade. Destaca-se que a UFSM, a UFPEL e a FURG são instituições cinquentenárias, enquanto a UNIPAMPA e a UFFS estão na faixa dos dez anos.

Como instrumento de planejamento estratégico da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), o PDI 2016-2026 apresenta as Diretrizes das Políticas Institucionais, constituindo-se na quarta versão desse documento. O primeiro deles vigorou de 2001 a 2005, mas a

evolução significativa veio com o PDI 2011-2015, que agrupou seis objetivos num mapa estratégico, que previu a relação com a sociedade e o ambiente externo, organizada em duas direções. A primeira delas foi o desenvolvimento de ações de ensino, pesquisa, extensão e gestão com foco na inovação e sustentabilidade. A segunda trouxe a ampliação das ações de inclusão, acesso e acessibilidade, de cooperação e de inserção social. O PDI atual relaciona o planejamento e avaliação institucional; a governança, controle interno e gestão de riscos; a organização administrativa; as gestões de pessoas, orçamentária e ambiental; a tecnologia de informação; a assistência estudantil; a infraestrutura; a comunicação; a acessibilidade; a inovação, o empreendedorismo e a transferência de tecnologias. Um novo Projeto Pedagógico Institucional (PPI), com as diretrizes das políticas de ensino, de pesquisa e de extensão está presente no PDI. Sete desafios foram assumidos pela Universidade: a internacionalização; a educação inovadora e transformadora com excelência acadêmica; a inclusão social; a inovação, geração de conhecimento e transferência de tecnologia; a modernização e desenvolvimento organizacional; o desenvolvimento local, regional e nacional; e a gestão ambiental (UFESM, 2016).

A Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) tem o seu Plano de Desenvolvimento Institucional, de 2015 a 2020, no qual admite uma nova realidade diante de concepções educacionais voltadas a inovações, tecnologias e procedimentos construtivistas. Entre os objetivos está a formação de profissionais capazes de propor soluções para os problemas da sociedade. Estão estabelecidos 19 objetivos estratégicos, dentre os quais se pode destacar a intenção de: “atuar e comprometer-se com a formação da consciência socioambiental para a sustentabilidade” (UFPEL, 2015).

O PDI da Universidade do Rio Grande (FURG) para o período de 2019 a 2022 orienta seus objetivos e estratégias para a produção de conhecimentos, inovação e para a vida coletiva da instituição com a sociedade. O documento particulariza essas relações, firmando compromissos com a melhoria da qualidade ambiental dos seus campi e institucionalizando os processos de gestão ambiental, com vistas a conceitos transversais de sustentabilidade. Propõe-se a cuidar de áreas de banhados e lagos; de preservação integral; erradicar espécies invasoras e exóticas; arborização; recuperar áreas degradadas; bem como implantar sistema de tratamento de esgoto sanitário e de drenagem pluvial. A FURG se considera inserida “(...) de maneira particularmente privilegiada, num ecossistema costeiro, do qual formula sua orientação filosófica, características históricas, culturais e sociais próprias da posição ambiental regional” e deseja “(...) consolidar a imagem nacional e internacional de referência em educação, desenvolvimento tecnológico e estudo dos ecossistemas costeiros e oceânicos” (FURG, 2015, p.15-16).

A criação da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) foi resultado de reivindicações das comunidades da região considerada “metade sul” do Rio Grande do Sul. Surgiu para contribuir na integração e no desenvolvimento dos locais de fronteira do Brasil com o Uruguai e a Argentina. Seu PDI 2014-2018 busca excelência acadêmica, integração e comprometimento com o desenvolvimento e com a formação de agentes para atuar em prol da região, do país e do mundo (UNIPAMPA, 2013). O processo de elaboração do seu novo PDI, para 2019-2023 está centrado em quatro eixos estruturantes: a excelência acadêmica, o aperfeiçoamento institucional, a dimensão humana e o compromisso social. Dentre os itens citados está o desenvolvimento sustentável.

A Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) tem estrutura multicampi e, mesmo com sede e foro no município de Chapecó, Estado de Santa Catarina, estende-se à região do noroeste gaúcho, ao sudoeste do Paraná, na fronteira com a Argentina. No Rio Grande do Sul, tem sede nos municípios de Cerro Largo, Erechim e Passo Fundo. Foi criada em 2009, situada na Mesorregião da Grande Fronteira do Mercosul e entornos. Essa região tem a agropecuária e a agroindústria como base da estrutura produtiva e grau de urbanização

baixo, concentrando parcela significativa da população na zona rural. A gestão da UFFS está organizada para funcionar em regime de administração descentralizada e democrática, por delegação de competência conferida pelo reitor, transparência nos serviços e processos, descentralizada em responsabilidades e competências, observando as demandas das comunidades local e regional, tendo o PDI por unidade de ação. Uma inovação importante são os órgãos consultivos. Além da Procuradoria Geral, há o Conselho Comunitário e o Conselho Estratégico Social (UFFS, 2016, p.21). Ao caracterizar-se como universidade pública, popular e de qualidade, a UFFS se empenha na formação da cidadania consciente e comprometida com o desenvolvimento sustentável e solidário da Região Sul do Brasil, sendo democrática, autônoma, com pluralidade de pensamento e diversidade cultural (UFFS, 2016).

A Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA) foi criada em 2008, a partir da transformação de uma fundação com quase meio século de existência e se destina, exclusivamente, a formar profissionais para cursos da área da saúde, sem a característica generalista das demais instituições universitárias. Seu PDI, de 2013 a 2017, distribuiu suas metas em cinco eixos: a qualificação da gestão; a expansão sustentada; qualificar ensino, pesquisa e extensão; assistência à comunidade interna e preservação da história institucional. A expansão sustentada visa ao aumento no número de cursos, programas e vagas na graduação e pós-graduação; implantar um novo local denominado Campus Santa Tereza; planejar a criação de campus fora da capital do estado; ambientes para a inovação; ampliar e aperfeiçoar o relacionamento institucional com a sociedade, divulgando a marca da instituição. O eixo qualificação da gestão também não faz referência às questões ambientais. O PDI de 2014 a 2019 propôs a consolidação dos objetivos e metas pactuados, projetando o crescimento e a expansão da universidade (UFCSPA, 2014).

O panorama público de instituições de ensino superior no Rio Grande do Sul poderia contemplar, ainda, a Universidade Estadual (UERGS) e os Institutos Federais, no entanto, tais instituições possuem outra modalidade político-administrativa e estrutural.

Constatou-se, na pesquisa, que a gestão ambiental mais efetiva encontra-se na USP (a universidade com o melhor desempenho no ranking) e na UFSM, as quais relacionam os mesmos tópicos de análise. O PDI 2016-2026 da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) expressa claramente ações sustentáveis efetivas, por isso optou-se por exemplificá-la, com a finalidade de demonstrar a complexidade da gestão ambiental universitária.

#### **4.3. Ações de gestão ambiental na UFSM**

A gestão ambiental da UFSM é setORIZADA nos seguintes tópicos: licenciamento ambiental; política ambiental; gestão dos resíduos sólidos; compras, contratações sustentáveis e logística reversa; proteção, recuperação e revitalização de áreas verdes; esgotos e efluentes; eficiência energética e energias alternativas; sustentabilidade hídrica, proteção, uso eficiente e reuso; e educação ambiental.

No âmbito das políticas ambientais, existe a Coordenadoria de Obras e Planejamento Ambiental e Urbano (COPA), órgão da Pró-reitoria de Infraestrutura (PROINFRA). Suas funções incluem a gestão de resíduos, ações de coleta seletiva e logística sustentável, licenciamento ambiental e infraestrutura e segurança convergentes a produtos químicos.

Quanto aos resíduos sólidos, a Universidade se depara com uma situação complexa, já que são produzidos, no dia-a-dia, todos os tipos de resíduos. Para minorar esse problema, a UFSM vem desenvolvendo diversas estratégias ao longo dos anos. Iniciou, na década de 90, com a coleta seletiva na Casa do Estudante e no Centro de Tecnologia, separando papéis e embalagens. Em 2003 e 2004, tiveram início a compostagem de resíduos orgânicos e a avaliação dos procedimentos relativos à separação dos resíduos hospitalares.

A coleta seletiva ganhou maior efetividade a partir de 2016, por meio de um acordo firmado com quatro associações de pessoas selecionadoras de resíduos na cidade de Santa Maria.

Iniciativas legais vinculadas às compras, contratações e especificação de produtos passaram a ser implantadas a partir de 2013 e 2014, quando se obteve um maior número de processos licitatórios vinculados à sustentabilidade, como, por exemplo, compras públicas sustentáveis de papel reciclado e sacolas ecológicas, entre outros.

O programa UMA - UFSM Sustentável prevê ações como a consolidação do plano de gestão de logística sustentável (PLS), com critérios de eficiência energética e de logística reversa. Nesse sentido, a UFSM inaugurou, em 2018, uma mini usina fotovoltaica, para minimizar o gasto mensal, que é de aproximadamente um milhão de reais com energia elétrica, para iluminar os quase cem prédios do campus-sede e fazer funcionar equipamentos de laboratórios e outros setores. (FERRAZ; MOTTER, 2018)

A vegetação nativa na beira de córregos e caminhos tem se reduzido conforme surgem novas edificações. O *campus*-sede da UFSM está localizado em áreas de campos naturais, capões de mato, banhados e vegetação arbustiva. Dessa forma, o uso de espécies nativas poderia auxiliar na manutenção dos corredores, com critérios para compor as paisagens do *campus*. O entornos e nascentes dos rios deveriam ser tratados como áreas de preservação permanente, protegendo os corpos d'água. No *campus* sede, observa-se um risco ambiental pela incorporação de novas propostas em detrimento da manutenção da vegetação nativa.

Ainda não foi implantada a separação de esgoto doméstico e de laboratórios, visto a ausência de redes e tratamento. Há pouca orientação sobre o descarte adequado. É urgente, portanto, a adaptação nos prédios existentes e a implementação em novas edificações, do descarte adequado de distintos esgotamentos.

Na UFSM não existe sistema de medição de energia individualizada por prédio, mas as novas edificações devem se enquadrar na Instrução Normativa 2, que estabelece que as edificações devem obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) de projeto classe A (mais eficiente). Para tal, precisa existir treinamento dos servidores responsáveis.

O abastecimento de água nos *campus* da UFSM é feito, em sua maioria, por captação subterrânea, mas o campus de Frederico Westphalen possui o fornecimento da Companhia Rio-grandense de Saneamento (CORSAN). O campus-sede possui cerca de 50 poços perfurados, entretanto o Hospital Universitário recebe o abastecimento da CORSAN. A captação de água da chuva existe, porém ainda não é significativa.

Para que todas essas ações vinculadas ao plano de gestão ambiental da UFSM possam ter êxito é necessário um programa contínuo de educação ambiental. Essas ações, no entanto, são pontuais, não existindo um programa voltado a essa prática.

A UFSM conta com um curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e com um curso de especialização em Educação Ambiental à distância. Devido à característica de multidisciplinaridade, a UFSM constitui-se em um espaço de grande potencial para projetos que envolvam questões ambientais, por meio da implementação de disciplinas que foquem na gestão e no destino de resíduos gerados no exercício de cada uma das profissões para as quais forma os diferentes profissionais. Falta ainda, um maior incentivo para esse tipo de iniciativa.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Universidade é responsável pelos ensinamentos que disponibiliza aos profissionais que forma, egressos dos seus cursos de graduação e pós-graduação em todos os níveis. Muitas dessas pessoas irão exercer atividades na comunidade e, inclusive, poderão retornar para a instituição, na função docente.

É necessário enfatizar, portanto, a importância da gestão ambiental, enquanto tema e prática na vida acadêmica, a fim de proporcionar a formação de agentes que atuem em prol da sociedade regional, do país e do mundo. É o exercício da cidadania consciente e comprometida com o desenvolvimento sustentável e solidário, reafirmando um compromisso institucional e da responsabilidade de cada pessoa ao se fazer profissional.

Ao propor reflexões sobre a presença da gestão ambiental nos Planos de Desenvolvimento Institucional de universidades brasileiras, alerta-se que a sustentabilidade seja abordada no cotidiano das salas de aula na construção transversal do conhecimento, pois se reveste em eixo de sustentação e viabilidade para a cidadania.

Mais do que ambiente de estudos, pesquisas, de preparação para o exercício de uma profissão, a universidade é um espaço diversificado, de miscigenação de culturas, regionalidades, aprendizados, socialização e descobertas.

Observa-se que os Planos de Desenvolvimento Institucional (PDI), embora estejam nos sites das universidades e tenham sido elaborados com a participação de representantes dos seus públicos interno e externo, não são conhecidos pela maioria da comunidade acadêmica.

Os documentos oficiais mais recentes, todavia, demonstram novas movimentações, acatam mudanças na legislação, com potencialidades para serem exemplos a influir, significativamente, adotando políticas de gestão ambiental que sejam sérias, viáveis e adequadas às necessidades das populações.

Os resultados decorrentes da presente pesquisa apontam que as universidades precisam contribuir, promover debates, sugerir alternativas, discutir rumos, elaborar pensamentos, pesquisar situações, projetar resultados e estudar contextos, incentivando e se direcionando para o bem comum.

A gestão política e administrativa das universidades tem respeitabilidade formal, sendo organizações prestigiadas pela coletividade, mesmo as instituições sendo emergentes. Constituem-se, portanto, em exemplos que podem influir, significativamente, ao adotarem políticas sérias e viáveis de gestão ambiental.

Comprometer e comprometer-se são práticas universitárias a serem reforçadas, como forma de conscientização, emancipação e promoção da cidadania.

Incentivar reflexões, estimular questões e procedimentos, respeitar espaços de interdisciplinaridade, compartilhar saberes e se movimentar visualizando horizontes, como a transdisciplinaridade e a comunhão do saber técnico com o saber popular, são providências inadiáveis, em especial em temáticas como a gestão ambiental.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Brasil. (1988) Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm)>.*
- *Brasil. (2004). Lei nº 10.861. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/10.861.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/10.861.htm)>.*
- *Brasil. (2006). Decreto nº 5.773. Dispõe sobre o exercício das funções de regulação, supervisão e avaliação de instituições de educação superior e cursos superiores de graduação e sequenciais no sistema federal de ensino. Disponível em: <<http://www2.mec.gov.br/sapiens/portarias/dec5773.htm>>.*
- *Christie, I.; Rolfe, H.; Legard, R. (1995). Cleaner production in industry: integrating business goals and environmental management. London: Policy Studies Institute, 267 p.*



- Ferraz, P.C; Motter, A. (2018). *Alternativa à geração de energia: Entenda como funciona a mini usina fotovoltaica inaugurada na UFSM*. In: *Revista Arco digital*.. Disponível em: <[coral.ufsm.br/arco/sitenovo/?p=4839](http://coral.ufsm.br/arco/sitenovo/?p=4839)>.
- Granato, L. (2018). *A USP voltou a liderar o ranking após dois anos sendo superada pela UFRJ. Confirma as outras universidades do RUF 2018*. In: *As 10 melhores universidades do Brasil, segundo ranking da Folha*. São Paulo: *Jornal Folha de São Paulo*. Disponível em <<https://exame.abril.com.br/carreira/as-10-melhores-universidades-do-brasil-segundo-ranking-da-folha/>>.
- Maimon, D. (1999). *ISO 14001: passo a passo da implantação nas pequenas e médias empresas*. Rio de Janeiro: *Qualitymark*., 86 p.
- Paixão, Dilmar. (2018). *O compromisso da universidade com um quefazer público ao encontro da educação social e do bem viver: por uma pedagogia da comunicação universitária*. Tese doutoral (Doutorado em Educação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Educação (UFRGS - PPGE). Porto Alegre, Brasil.
- Planes.(2016). *Planejamento Estratégico Universidade Estadual de Campinas 2016-2020/Pró-Reitoria de Desenvolvimento Universitário*. Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.prdu.unicamp.br/areas2/planes/planes/arquivos/planes-2016-2020>>.
- Universidade de São Paulo – USP. (2014) - *Plano de Desenvolvimento Institucional: PDI 2012-2017*. São Paulo. Disponível em: <<http://sites.usp.br/gvr/wp-content/uploads/sites/17/2014/01/PDI-VIIEncontro.pdf>>.
- Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. (2016). *Plano de Desenvolvimento Institucional*. Disponível: <[https://www.uffs.edu.br/institucional/a\\_uffs/a\\_instituicao/plano\\_de\\_desenvolvimento\\_institucional](https://www.uffs.edu.br/institucional/a_uffs/a_instituicao/plano_de_desenvolvimento_institucional)>.
- Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. (2013). *Plano de Desenvolvimento Institucional: PDI 2013-2017*. Belo Horizonte. Disponível em: <[https://www.ufmg.br/dai/textos/PDI\\_UFMG%202013\\_2017.pdf](https://www.ufmg.br/dai/textos/PDI_UFMG%202013_2017.pdf)>.
- Universidade Federal de Pelotas - UFPEL. (2015). *Plano de Desenvolvimento Institucional - PDI*. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/pdi/>>.
- Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. (2016). *Plano de Desenvolvimento Institucional: PDI 2016-2026*. Santa Maria. Disponível em: <<http://pdi.ufsm.br/images/DocPDI/00-DocumentoPDI-TextoBaseCONSU.pdf>>.
- Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA. (2013). *Plano De Desenvolvimento Institucional-PDI*. Disponível em: <<http://porteiros.s.unipampa.edu.br/pdi/>>.
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. (2016). *Plano de Desenvolvimento Institucional: PDI 2016-2020: Construa o futuro da UFRGS*. Porto Alegre. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/pdi/PDI\\_2016a2026\\_UFRGS.pdf](http://www.ufrgs.br/pdi/PDI_2016a2026_UFRGS.pdf)>.
- Universidade Federal do Rio Grande – FURG. (2014). *Plano de Desenvolvimento Institucional: PDI 2015-2018*. Rio Grande. Disponível em: <<https://pdi.furg.br/>>.
- Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. (2018). *Reitoria U58 Plano de Desenvolvimento Institucional 2012 a 2023: informações institucionais: Reitoria / Universidade Federal do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Disponível: <<https://ufrj.br/sites/default/files/documentos/2018/07/pdi-ufrj-2018-proposta.pdf>>.

# EVOLUÇÃO DO PROGRAMA 'SWMM NBR 9649' PARA SIMULAÇÃO DE REDES DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO CONFORME AS VARIÁVEIS DA NORMA BRASILEIRA NBR 9649

Marco Valério de Albuquerque Vinagre ([valeriovinagre@gmail.com](mailto:valeriovinagre@gmail.com)); Alan Marcel Fernandes de Souza ([alanmarcel2@gmail.com](mailto:alanmarcel2@gmail.com)); Aline Martinho Trindade Ferreira ([alinemartinhotf@gmail.com](mailto:alinemartinhotf@gmail.com)); Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes ([rlrmendes@yahoo.com.br](mailto:rlrmendes@yahoo.com.br)); Mirosława Luczynski ([mirosława.eng@gmail.com](mailto:mirosława.eng@gmail.com))

Universidade da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano (UNAMA-PPDMU) - Brazil

Universidade da Amazônia, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (UNAMA-CCET) - Brazil

Universidade da Amazônia, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (UNAMA) - Brazil

Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente (UFPA - NUMA) - Brazil

**Palavras chave:** Saneamento, Esgotamento Sanitário, SWMM, Simulação e Escoamento.

*Os sistemas de esgotamento sanitário são sistemas precários em diversas cidades brasileiras, e esta ausência pode gerar prejuízos irreparáveis. O motivo da ausência destes sistemas pode ser justificado de diversas formas como, a existência de medidas individuais e fáceis a serem implantadas (fossas sépticas), desta forma, dificultando a ligação da população com a rede; por serem sistemas mais caros à implantação; por serem sistemas mais complexos na elaboração de cálculos e projetos; e destaca-se a pouca disponibilidade de programas similares a este para simulação de redes de esgoto, comparado aos existentes para redes de abastecimento de água e de águas pluviais.*

*O programa SWMM (Storm Water Management Model, em português Modelo de Gestão de drenagem Urbana), da Agência Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), possui seu código-fonte aberto e é gratuito. Porém, como é um programa destinado à redes de drenagem de águas pluviais, possui limitações para simulação de redes de esgotamento sanitário - variáveis analisadas pela Norma Brasileira de Projeto de Redes Coletoras de Esgotamento Sanitário, a NBR 9649:1986, quais sejam: tensão trativa, lâmina d'água percentual e velocidade crítica. O SWMM foi aprimorado pelos autores, que incluíram em seu código-fonte as equações das variáveis exigidas pela NBR 9649 e esta pesquisa representa um desenvolvimento neste programa com o aprimoramento do programa para gerar vazões de esgoto ao invés de vazões de chuva.*

## 1. INTRODUÇÃO

A Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA), do Ministério das Cidades, em sua Política Nacional de Saneamento Ambiental (PNSA), definiu saneamento ambiental como o conjunto de ações técnicas e socioeconômicas, entendidas fundamentalmente como de saúde pública, tendo por objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água em quantidade e dentro dos padrões de potabilidade vigentes, o manejo de esgotos sanitários, resíduos sólidos e emissões atmosféricas, a drenagem de águas pluviais, o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças, a promoção sanitária e o controle ambiental do uso e ocupação do solo e prevenção e controle do excesso de ruídos, tendo como finalidade promover e melhorar as condições de vida urbana e rural (BRASIL, 2002).

A ausência de esgotamento sanitário pode significar grandes consequências à população e ao meio ambiente. A contaminação dos recursos hídricos por esgotos lançados sem tratamento pode gerar a eutrofização destes, gerando mortandade de espécies. A saúde da população é afetada, que por consequência afetará a economia tanto do município que terá custos nos postos de saúde, quanto da renda familiar do indivíduo que se ausentará no trabalho. Desta forma, a falta de saneamento pode significar prejuízos drásticos em uma cidade.

### **1.1. Sistemas de Esgotamento Sanitário**

Segundo Netto (1998), a implantação de um sistema público de abastecimento de água gera a necessidade de coleta, afastamento e disposição final das águas servidas, caracterizado como sistemas de esgotamento sanitário, sendo esses últimos aspectos, juntamente com o primeiro, serviços de infra-estrutura indispensáveis a toda comunidade civilizada.

As redes coletoras de esgotos alcançam 61,4% da população urbana brasileira, restando 65,1 milhões de pessoas nas cidades do País que não dispõem de sistema coletivo para afastamento dos esgotos sanitários. Nem todo esgoto coletado é conduzido a uma estação de tratamento. A parcela atendida com coleta e tratamento dos esgotos representa 42,6% da população urbana total. Desse modo, 96,7 milhões de pessoas não dispõem de tratamento coletivo de esgotos. Os esgotos não coletados têm destinos diversos, como encaminhamento para fossas sépticas ou negras, lançamento em rede de águas pluviais ou em sarjetas, disposição direta no solo ou nos corpos d'água. A solução individual com fossa séptica diminui o impacto do lançamento desses efluentes nos corpos hídricos, quando executada adequadamente e em condições propícias à sua aplicação. (ANA, 2017).

Netto (1998) afirma que o sistema de esgoto sanitário numa comunidade, procura se atingir os seguintes objetivos mais importantes: melhoria das condições higiênicas locais e o consequente aumento da produtividade; conservação de recursos naturais, das águas em especial; coleta e afastamento rápido e seguro do esgoto sanitário; disposição sanitariamente adequada do efluente; eliminação de focos de poluição e contaminação, assim como de aspectos estéticos desagradáveis; proteção de comunidades e estabelecimentos de jusante; e preservação de áreas para lazer e práticas esportivas.

O serviço de esgotamento sanitário, segundo a Lei n.11.445/2007, é constituído pelas atividades, infra-estruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente. Há Normas específicas para este tipo de sistema como a NBR 9648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, que estabelece condições exigíveis no estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário do tipo separador, e a NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitária, a qual esta pesquisa se baseou e será mais detalhada no item 2.2.1.

De acordo com Tsutiya e Sobrinho (1999), a partir de 1986 com a divulgação da Norma Brasileira (NBR) 9649 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Brasil passou a ter os mais avançados critérios hidráulicos de dimensionamento de redes coletoras de esgoto, utilizando-se os conceitos de tensão trativa e de velocidade crítica. Também novos órgãos foram propostos em substituição aos poços de visita. Utilizando-se essas inovações tecnológicas e evitando-se a construção de redes profundas para esgotar soleiras baixas, o custo da rede coletora de esgoto foi reduzido em cerca de 40%. Essas inovações surgiram de vários trabalhos desenvolvidos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), na área de esgotamento sanitário. De acordo com a norma o esgoto em um conduto é admitido, para efeito de cálculo, em regime permanente e uniforme, sob condições não pressurizadas, não são consideradas, portanto,

em cada trecho do conduto, as variações de vazão devido à contribuição do líquido recebida ao longo dele.

### 1.2. NBR 9649 – Projetos de redes coletoras de esgoto sanitário

A Norma Brasileira NBR 9649 estabelece metodologias de cálculo para o projeto de sistemas de esgotamento sanitário. Essa norma define os conceitos de todas as partes de um sistema de esgotamento sanitário, as condições necessárias para elaboração de projetos, bem como as condições específicas para o dimensionamento hidráulico das redes.

O dimensionamento da rede de esgoto deve atender a todos os critérios preconizados pela NBR 9649:1986, considerando as redes coletoras de esgotamento sanitário como projetadas para operarem sob condições de não-pressurização dos condutos. Para se determinar a contribuição de esgotos é necessário conhecer a população da área para início e final de plano, a contribuição per capita, o coeficiente de retorno esgoto/água e os coeficientes de variação de vazão (TSUTIYA; SOBRINHO, 1999).

Segundo os conceitos de Tsutiya; Sobrinho (1999) e os critérios da NBR 9649, o dimensionamento deverá atender os seguintes parâmetros:

- Vazão mínima considerada para dimensionamento hidráulico: 1,5 l/s.
- Diâmetro mínimo (DN): 100mm.
- A tensão trativa em todos os trechos da rede deve estar acima de 1,0 Pa, calculada para vazão inicial, para o coeficiente de Manning  $n=0,013$ , como recomenda a NBR 9649:1986, com isso garante-se as condições de autolimpeza pelo menos uma vez ao dia.
- Declividade Mínima: é a declividade necessária para manutenção das condições de autolimpeza. As canalizações de esgotos serão projetadas com velocidades de escoamento que evitem deposições excessivas de substâncias sólidas minerais que normalmente são transportadas pelo líquido em escoamento. Esta declividade deve satisfazer a condição de tensão trativa, mencionada acima.
- Declividade Máxima: a velocidade máxima do escoamento é função da declividade máxima. Nos condutos de esgoto deve-se evitar que a velocidade ultrapasse certos valores máximos a fim de evitar a ação erosiva de partículas sólidas duras que são transportadas pelo esgoto, em todos os trechos da rede a velocidade deve estar abaixo da velocidade máxima que é 5m/s.
- Lâmina Líquida: recomenda-se para os coletores que a relação de enchimento  $Y/D$  seja  $\leq 0,75$ .
- Velocidade crítica: quando a velocidade final é superior a velocidade crítica, a lâmina de água máxima deve ser reduzida para 50% do diâmetro do coletor.
- Poços de Visita: os poços de visita devem ser colocados nos inícios de trecho e nas mudanças de declividade e de direção do escoamento.
- Taxa de infiltração: deve ser adotada entre 0,05 a 1,0 l/s.km.

### 1.3. SWMM

De acordo com Meller (2004), o SWMM da EPA, surgiu no final da década de 1960, desenvolvido pelos pesquisadores Metcalf e Eddy, a Water Resources Engineers e a Universidade da Flórida, sob comando e supervisão da EPA. Foi o primeiro modelo computacional para análise quali-quantitativa associada ao escoamento gerado em áreas urbanas, desenvolvido em 5 versões principais (v.1-1970, v.2-1975, v.3-1981, v.4- 1988 e v.5-2003) até sua última atualização em junho de 2003, dando origem a versão 5.

O SWMM é um programa de área de trabalho baseado no Windows. É um software público de código aberto e é gratuito para uso mundial. O SWMM 5 foi produzido em um esforço de desenvolvimento conjunto com a CDM, Inc., uma empresa global de consultoria,

engenharia, construção e operações. O programa passou por várias atualizações importantes desde que foi desenvolvido em 1971, incluindo as práticas adicionais de infraestrutura verde como controles de desenvolvimento de baixo impacto (LID). É amplamente utilizado para avaliar as estratégias de controle de águas pluviais de infraestrutura cinza, como tubulações e drenos pluviais, e é uma ferramenta útil para a criação de soluções de controle de águas pluviais híbridas (EPA, 2018).

O SWMM, em português, Modelo de Gestão de Drenagem Urbana, é um modelo dinâmico chuva-vazão que simula a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas. Pode ser utilizado para a simulação de um único evento chuvoso, bem como para uma simulação contínua de longo prazo. O SWMM acompanha a evolução da quantidade e da qualidade do escoamento dentro de cada sub-bacia, assim como a vazão, a altura de escoamento e a qualidade da água em cada tubulação e canal, durante um período de simulação composto por múltiplos intervalos de tempo (LENHS, 2012).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Simular uma rede coletora de esgotamento sanitário com base na NBR 9649, que obtenha os valores das precipitações média equivalentes no SWMM NBR 9649.

### **2.2. Específicos**

- Verificar a tensão trativa nos trechos da rede para vazões de início de plano;
- Verificar a velocidade crítica e a relação de enchimento em todos os trechos da rede para vazões de final de plano;
- Verificar a precipitação média equivalente em simulação de início e de final de projeto.

## **3. METODOLOGIA**

A metodologia foi desenvolvida em sete etapas, onde o desenvolvimento do programa NBR 9649 representa a continuação da pesquisa já realizada pelos autores. Na primeira etapa foi realizado um levantamento bibliográfico sobre os assuntos relevantes ao tema e ao software SWMM, que viessem contribuir e justificar a elaboração da pesquisa. Na segunda etapa foi feita uma análise das condições exigíveis da NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, estas condições são os respectivos parâmetros a serem obtidos no programa. Na terceira etapa foi realizado o aprimoramento do software SWMM. Na quarta etapa, fez-se uma validação dos dados no software aprimorado com uma rede de esgotamento sanitário já existente. Na quinta etapa, fez-se uma análise dos resultados obtidos. Na sexta etapa foi realizado um desenvolvimento no programa com a inclusão dos valores denominados precipitações médias equivalente. E na sétima etapa, fez-se novamente a análise da rede para verificar se a mesma simulava normalmente. A figura 1 representa a sequência das etapas descritas da pesquisa.





Figura 1. Etapas metodológicas. Fonte: Autores (2018).

### 3.1. Análise das condições exigíveis da NBR 96449

A NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, é a Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que estabelece as condições exigíveis na elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, funcionando em lâmina livre.

A Norma estabelece condições específicas para o dimensionamento hidráulico, ou seja, parâmetros das redes coletoras de esgoto, cujos não são determinados em redes de drenagem pluvial, portanto, o software SWMM não simulam estes parâmetros. Desta forma, buscaram-se na Norma tais parâmetros necessários às redes coletoras de esgoto, que serão incorporados ao software. Tais parâmetros são: Tensão Trativa, Velocidade Crítica, Declividade Mínima, Declividade Máxima e Percentual da Lâmina D'água.

### 3.2. Aprimoramento da 5ª versão computacional do swmm

O aprimoramento em questão foi feito na versão 5.1.012 do SWMM. Basicamente, esse sistema é composto por dois projetos. Um se refere à parte de interface gráfica com o usuário (Graphical User Interface - GUI), que foi criada pelos desenvolvedores do software através da linguagem de programação Delphi 6. O outro à biblioteca desenvolvida para realização de cálculos e de processamento de dados (Dynamic Link Library - DLL), também conhecida como engine, que foi construída pelos idealizadores utilizando a linguagem de programação C.

Em termos de GUI, as alterações realizadas foram para permitir que o usuário escolha as variáveis propostas da NBR 9649:1986, conforme pode ser notado na área "Variables" da figura 2.

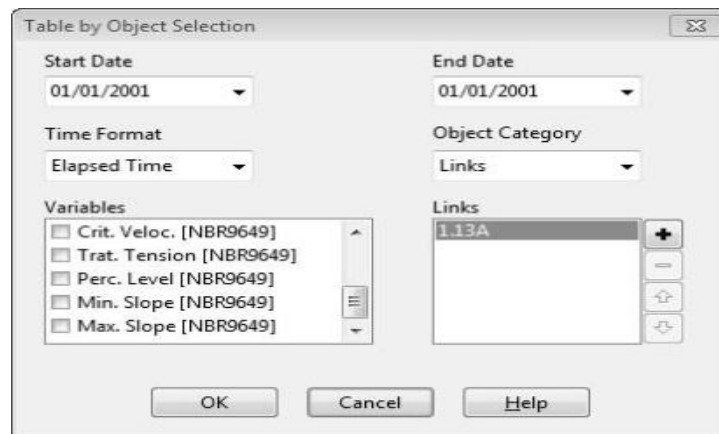


Figura 2. Aprimoramento na seleção de variáveis no SWMM\_NBR9649. Fonte: Autores (2018).

Em relação às modificações na engine, as fórmulas disponibilizadas na NBR 9649:1986 foram programadas para calcular os valores de cada variável.

Para a variável Velocidade Crítica ( $V_c$ ) foi inserido no projeto engine a Equação 1. Considerou-se para as duas variáveis existentes na equação, 'g' – gravidade – igual a 9,81 m/s<sup>2</sup> e 'Rh' – Raio hidráulico – os respectivos Raios já calculados pelo programa para cada tubulação.

$$V_c \left( \frac{m}{s} \right) = 6 \times \sqrt{9,81 \times Rh} \quad (1)$$

Onde:

- $V_c$ : velocidade crítica (m/s)
- g: gravidade (m/s<sup>2</sup>)
- Rh: raio hidráulico (h)

Para a variável Tensão Trativa ( $\sigma_t$ ), utilizou-se a Equação 2. E considerou-se para a três variáveis existentes nesta, 'γ' – peso específico da água – igual a 10.000 N/m<sup>3</sup>, 'I<sub>o</sub>' - declividade do terreno – e 'Rh' – Raio hidráulico – igual, respectivamente, as declividades e Raios já calculados pelo programa para cada tubulação.

$$\sigma_t (Pa) = 10.000 \times I_o \times Rh \quad (2)$$

Onde:

- $\sigma_t$ : tensão trativa (Pa)
- γ: peso específico da água (N/m<sup>3</sup>)
- I<sub>o</sub>: declividade do terreno (m/m)
- Rh: raio hidráulico (h)

Para a variável Lâmina D'água (Y/D), inseriu-se a razão entre 'y' – altura da seção transversal preenchida pelo efluente – e 'yFull' – altura total da seção transversal – conforme a Equação 3.

$$Y/D = y/yFull \quad (3)$$

Onde:

- Y/D: Lâmina D'água
- y: altura da seção transversal preenchida pelo efluente (m)
- yFull: altura total da seção transversal (m)

Para a variável Declividade Mínima ( $I_{\text{mín}}$ ), utilizou-se as Equações 4 e 5, de acordo com a condição expressa. Para a única variável presente na Equação 4, 'Q' – vazão – considerou-se as respectivas vazões já calculadas pelo programa para cada tubulação.

$$\text{Se } Q \geq 1,5 \text{ l/s} \rightarrow I_{\text{mín}}(m/m) = 0,0055 \times Q_i^{-0,47} \quad (4)$$

$$\text{Se } Q < 1,5 \text{ l/s} \rightarrow I_{\text{mín}}(m/m) = 0,0055 \times 1,5^{-0,47} \quad (5)$$

Onde:

- $I_{\text{mín}}$ : Declividade Mínima (m/m)
- $Q_i$ : Vazão de início de projeto (L/s)

Para a variável Declividade Máxima ( $I_{\text{máx}}$ ), conforme a variável Declividade Mínima, esta segue com a mesma interpretação da condição e da variável na Equação 4.

$$\text{Se } Q \geq 1,5 \text{ l/s} \rightarrow I_{\text{máx}}(m/m) = 4,5 \times Q_f^{-0,67} \quad (6)$$

$$\text{Se } Q < 1,5 \text{ l/s} \rightarrow I_{\text{máx}}(m/m) = 4,5 \times 1,5^{-0,67} \quad (7)$$

Quando uma simulação é executada, o usuário pode ver os resultados gerados para as variáveis que selecionar.

### 3.3. Validação dos dados

Para verificar e validar o uso do aprimoramento efetuado no software foi utilizado rede de esgotamento sanitário existente no bairro São João do Outeiro, em Belém-PA, a qual foi estudada com o uso do SWMM através do Giswater por Nascimento & Carvalho (2016).

O bairro São João do Outeiro está localizado no Distrito de Outeiro, município de Belém. Segundo SEGEP (2011), o qual possui 12.134 habitantes e uma área de 558,75 ha. Este bairro (Figura 3) foi escolhido para a simulação do sistema de esgotamento sanitário existente, o qual é bastante diversificado quanto ao tipo, segundo o Anuário Estatístico de Belém, disponibilizado pela SEGEP (2011).

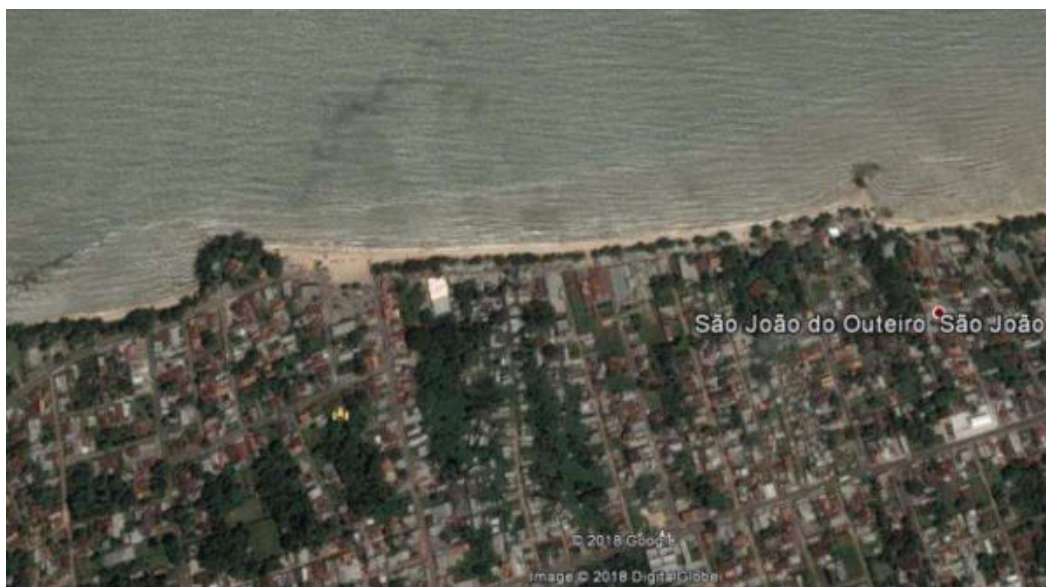


Figura 3. Imagem do bairro de São João do Outeiro. Fonte: Google Earth Pro (2018).

Para o levantamento de dados do estudo de caso, foi utilizada uma rede de esgotamento sanitário existente no banco de dados da Companhia de Saneamento do Pará - COSANPA, Companhia responsável pela operação do serviço de esgotamento sanitário no bairro. Além

disso, para uma simulação bem-sucedida foi utilizado informações quanto ao cadastro técnico, existente em plantas do AutoCAD, que serviram para alimentar os trechos e nós no sistema.

O shape de base cartográfica com a estrutura urbana dos bairros serviu, neste caso, como auxílio para o desenho da rede. Depois de elaborado o desenho, foram inseridos os elementos físicos dos trechos e nós da rede de esgoto, tais como cotas, diâmetros e comprimento nesses elementos físicos (Figura 4).

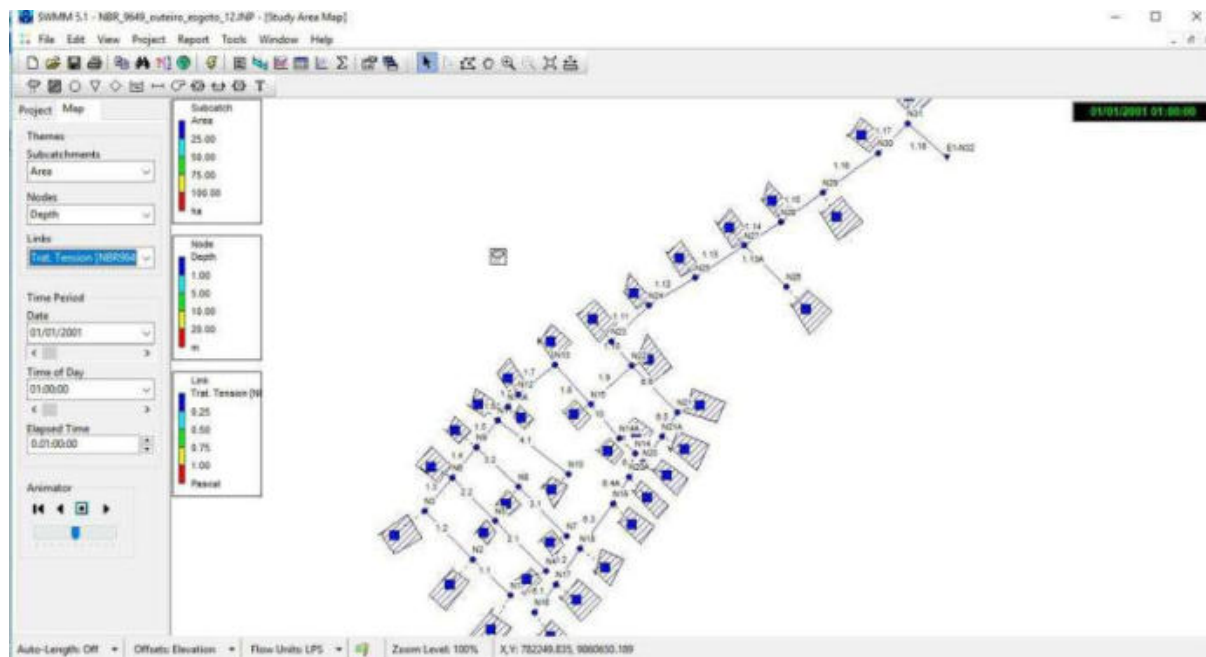


Figura 4. Rede coletora de esgotos do bairro São João do Outeiro no SWMM aprimorado.

Fonte: Autores (2018).

Observa-se na Figura 10 o traçado da rede, com os nós interligados por trechos de condutos. Esses nós ou junções recebem a contribuição de bacias virtuais que representam a contribuição equivalente de esgoto sanitário da população do bairro atendida pela rede, em início e final de projeto.

Para a simulação desta rede levou-se em consideração que o trecho tem seção circular; coeficiente de Manning de 0,01; 35 sub-bacias cada uma com área de 0,14 ha e largura de 1,22 m. Para a inserção das séries temporais, de modo a alimentar as informações de pluviômetro, foi calculada a precipitação equivalente média, para uma população inicial de 1000 habitantes e população final de 3000 habitantes, resultando nos respectivos valores de 0,3152 mm.h-1.m<sup>-2</sup> e 0,8352 mm.h-1.m<sup>-2</sup>, que representam a contribuição do esgoto na rede. Sobre esses valores de contribuição de esgoto, foram incididos um padrão temporal que variou a vazão conforme as horas do dia, tornando a simulação mais próxima do real.

### 3.4. Desenvolvimento do programa SWMM NBR9649

Visto que o programa realiza a simulação de chuva, foi necessária a transformação da 'vazão de chuva' em 'vazão de esgoto'. Para isso a série temporal de precipitações foi alimentada de modo a simular a vazão de esgoto ao invés da chuva. Esta vazão simulada foi denominada de Precipitação Equivalente Média Inicial (Pei), para a vazão de início de projeto e Precipitação Equivalente Média Final (Pef) para a vazão de final de projeto, e ambas são calculadas conforme as equações 8 e 9, respectivamente, onde 'P<sub>i</sub>' - população inicial – igual a 1.500 habitantes, 'P<sub>f</sub>' - população final – igual a 3.000 habitantes, 'C' - coeficiente de retorno – igual a 0,8, 'K<sub>1</sub>' - coeficiente do dia de maior consumo – igual a 1,2, 'K<sub>2</sub>' - coeficiente da hora de maior consumo – igual a 1,5, 'q' - per capita – igual a 200

$L/(\text{hab.dia})$ , 'A' - área da total da região – igual a 5,0 ha e ' Inf.' - infiltração na área total da região – igual a 0,1152 mm/(m<sup>2</sup>.h).

$$P_{ei} \text{ (mm/m}^2\text{.h)} = (P_i \times C \times K_2 \times q) / (10.000 \times A \times 24) + \text{Inf.} \quad (8)$$

$$P_{ef} \text{ (mm/m}^2\text{.h)} = (P_f \times C \times K_1 \times K_2 \times q) / (10.000 \times A \times 24) + \text{Inf.} \quad (9)$$

Onde:

- $P_{ei}$ : precipitação Equivalente Média Inicial (mm/m<sup>2</sup>.h)
- $P_{ef}$ : precipitação Equivalente Média final (mm/m<sup>2</sup>.h)
- $P_i$ : população inicial (habitantes)
- $P_f$ : população final (habitantes)
- C: coeficiente de retorno
- $K_1$ : coeficiente do dia de maior consumo
- $K_2$ : coeficiente da hora de maior consumo
- q: per capita (L/(hab.dia))
- A: área da total da região (ha)
- Inf.: infiltração na área total da região (mm/(m<sup>2</sup>.h))

Portanto, para tornar prática a simulação no SWMM NBR9649, foi inserido as equações 8 e 9 no seu código fonte e alterado sua interface gráfica, onde o usuário apenas adiciona os dados mencionados acima e o programa já gera os resultados das vazões de esgoto durante 24h, com os respectivos coeficientes de consumo horário e para isto o padrão temporal utilizado é o disponível no manual do Epanet.

A figura 5 e 6 apresentam, respectivamente, as vazões de esgoto ao longo de um dia para os dados de início e final de projeto, denominadas de série temporal 1 e 2.

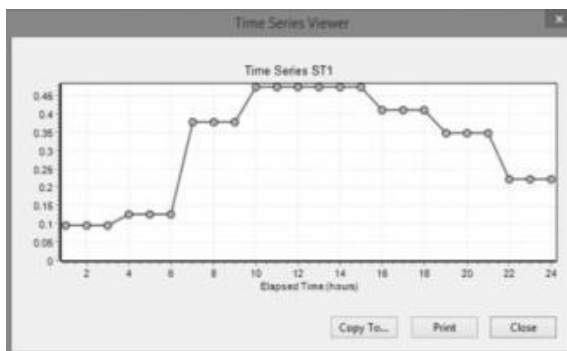


Figura 5. Série temporal 1.

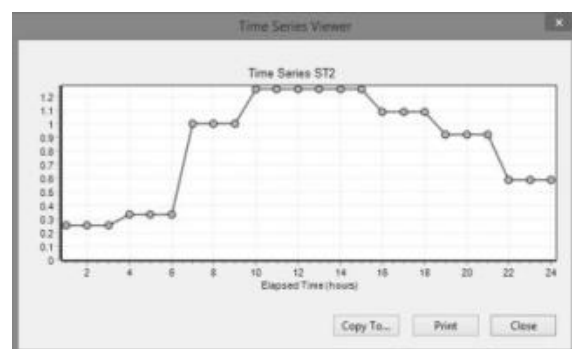


Figura 6. Série temporal 2.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Tensão Trativa

Os resultados da tensão trativa permaneceram os mesmo. Para os 35 trechos simulados para o cenário de início de projeto no horário de maior pico, as 12h, a tabela 1 apresenta os dados obtidos no programa, relevantes para esta análise deste cenário como o diâmetro nominal, a declividade mínima, a declividade do terreno, a vazão inicial e a tensão trativa.

Tabela 1. Resultados de início de projeto.



Trecho	DN mm	$I_{mín}$ m/m	$I_o$ m/m	$Q_i$ L/s	$\sigma_t$ Pa
1.1	0,15	0,0045	0,0004	0,18	0,06
1.2	0,15	0,0045	0,0005	0,38	0,09
1.3	0,15	0,0045	0,0013	0,55	0,27
1.4	0,15	0,0045	0,0019	1,10	0,44
1.5	0,15	0,0043	0,0042	1,65	1,18
1.6	0,15	0,0038	0,0015	2,21	0,56
1.6A	0,15	0,0039	0,0015	2,02	0,52
1.7	0,15	0,0036	0,0015	2,39	0,53
1.8	0,15	0,0035	0,0033	2,57	1,97
1.9	0,15	0,0032	0,0002	3,12	0,13
1.10	0,15	0,0026	0,0020	4,76	0,16
1.11	0,20	0,0026	0,0020	4,95	0,16
1.12	0,20	0,0025	0,0020	5,13	0,16
1.13	0,20	0,0025	0,0003	5,31	0,25
1.13A	0,10	0,0045	0,0004	0,18	0,23
1.14	0,25	0,0024	-0,0001	5,67	0,04
1.15	0,25	0,0024	0,0002	5,85	0,18
1.16	0,25	0,0024	0,0002	6,03	0,15
1.17	0,25	0,0023	0,0002	6,21	0,15
1.18	0,25	0,0023	0,0003	6,39	0,15
10	0,15	0,0045	0,0020	0,36	0,17
11	0,15	0,0045	0,0020	0,18	1,30
2.1	0,15	0,0045	0,0005	0,18	0,08
2.2	0,15	0,0045	0,0006	0,37	0,11
3.1	0,15	0,0045	0,0004	0,18	0,06
3.2	0,15	0,0045	0,0006	0,38	0,12
4.1	0,15	0,0045	0,0015	0,18	0,33
6.1	0,15	0,0045	0,0010	0,18	0,13
6.2	0,15	0,0045	0,0018	0,38	0,28
6.3	0,15	0,0045	0,0018	0,55	0,30
6.4	0,15	0,0045	0,0053	0,92	0,97
6.4A	0,15	0,0045	0,0046	0,73	0,73
6.5	0,15	0,0045	0,0012	1,28	0,82
6.5A	0,15	0,0045	0,0034	1,10	1,31
6.6	0,15	0,0045	0,0020	1,46	0,16

Fonte: Autores (2018).

Na tabela 1 se observa que na rede analisada para o critério de tensão trativa exigido na NBR 9649, em que a tensão trativa deve ser superior a 1,00 Pa pelo menos uma vez ao dia, sendo analisado para população de início de projeto no horário de maior pico, não foi atendido na maioria das tubulações, somente nos trechos 1.5, 1.8, 11 e 6.5<sup>a</sup>. Nos demais trechos a autolimpeza será insuficiente, podendo gerar possíveis deposições de sedimentos ao longo da tubulação.

## 4.2. Velocidade Crítica

Os resultados da velocidade crítica e o percentual da lâmina d'água também permaneceram os mesmos. Para os 35 trechos simulados para o cenário de fim de projeto no horário de maior pico, às 12h, a tabela 2 apresenta os dados obtidos no programa, relevantes para esta análise de cenário como o diâmetro nominal, a vazão final, a tensão trativa, a lâmina d'água, a velocidade crítica e a velocidade máxima.

Tabela 2. Resultados de final de projeto.

Trecho	DN mm	Q <sub>f</sub> L/s	$\sigma_t$ Pa	Y/D	V <sub>c</sub> (m/s)	V <sub>máx</sub> (m/s)
1.1	0,15	0,47	0,11	0,09	3,23	0,10
1.2	0,15	0,84	0,23	0,15	3,99	0,10
1.3	0,15	1,17	0,94	0,25	5,01	0,08
1.4	0,15	2,31	1,60	0,30	5,49	0,13
1.5	0,15	3,75	3,54	0,30	5,49	0,21
1.6	0,15	5,21	1,30	0,30	5,49	0,29
1.6A	0,15	4,72	1,30	0,30	5,49	0,27
1.7	0,15	5,70	1,30	0,30	5,49	0,32
1.8	0,15	6,18	2,81	0,30	5,49	0,35
1.9	0,15	7,65	0,14	0,30	5,49	0,43
1.10	0,15	11,98	0,17	0,30	5,49	0,68
1.11	0,20	12,47	0,23	0,30	6,33	0,40
1.12	0,20	12,95	0,23	0,30	6,33	0,41
1.13	0,20	13,44	0,36	0,30	5,49	0,43
1.13A	0,10	0,49	0,23	0,30	4,48	0,06
1.14	0,25	14,41	0,07	0,28	6,80	0,31
1.15	0,25	14,88	0,29	0,26	6,66	0,33
1.16	0,25	15,36	0,24	0,25	6,50	0,36
1.17	0,25	15,84	0,23	0,23	6,25	0,40
1.18	0,25	16,32	0,22	0,17	5,50	0,58
10	0,15	0,97	0,17	0,30	5,49	0,05
11	0,15	0,49	1,72	0,30	5,49	0,03
2.1	0,15	0,38	0,26	0,18	4,37	0,03
2.2	0,15	0,68	0,41	0,26	5,17	0,04
3.1	0,15	0,46	0,34	0,30	5,49	0,03
3.2	0,15	0,95	0,50	0,30	5,49	0,05
4.1	0,15	0,49	1,29	0,30	5,49	0,03
6.1	0,15	0,49	0,21	0,06	2,68	0,18
6.2	0,15	0,97	0,44	0,08	2,95	0,27
6.3	0,15	1,46	0,59	0,11	3,43	0,26
6.4	0,15	2,39	4,48	0,30	5,49	0,14
6.4A	0,15	1,90	2,90	0,22	4,74	0,14
6.5	0,15	3,36	1,05	0,30	5,49	0,19
6.5A	0,15	2,87	2,92	0,30	5,49	0,16
6.6	0,15	3,95	0,17	0,30	5,49	0,22

Fonte: Autores (2018).

Na tabela 2 se observa que para o critério da lâmina Y/D onde não se pode ultrapassar 75%, e em casos específicos a 50%, analisado para população de final de projeto, todas as tubulações atenderam à Norma Brasileira, considerando que em nenhuma tubulação a velocidade máxima foi superior a velocidade crítica.

#### 4.3. Precipitação Média Equivalente

O desenvolvimento possibilitando a obtenção diretamente no programa dos valores das vazões de esgoto foi gerado com sucesso. Não havendo necessidade do usuário calcular tais valores fora do programa.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atualização feita no programa já executado anteriormente pelos autores, mostrou-se eficaz. Os parâmetros exigidos pela Norma NBR 9649 obtiveram a mesma validação, que a feita anteriormente. E agora o usuário do programa terá uma praticidade maior, enfatizando que antes do aprimoramento do SWMM para simulações em redes de esgoto, este programa já era utilizado por autores, porém, como o programa é destinado a simulações de redes de drenagem, não havia como obter os parâmetros exigidos pela norma, necessitando que o usuário os calculasse em um meio independente do SWMM. Portanto, agora o usuário pode obter todas as informações necessárias para sua análise no próprio programa.

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. Agência Nacional de Águas e Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: 2017
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (United States). *Storm Water Management Model: Application that helps predict the quantity and quality of runoff within urban áreas*. Disponível em: <<https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>>. Acesso em 25 maio 2018.
- NETTO, Azevedo et al. *Manual de Hidráulica*. 8. ed. – São Paulo: Editora Blucher. 1998.
- BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 de jan. de 2007. *Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico*.
- BRASIL. *Anteprojeto de Lei. Institui as diretrizes para os serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Ambiental - PNSA*. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2002.
- LENHS (Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento). *SWMM 5.0. Manual do usuário*. Universidade Federal da Paraíba, UFPB. 2012.
- MELLER, A. *Simulação Hidrodinâmica Integrada de Sistemas de Drenagem em Santa Maria -RS*. 2004. 164f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)* – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2004.
- NASCIMENTO, A.J.C. & CARVALHO, A.O. (2016). *Uso do código computacional livre Giswater para elaboração de projetos de água e esgoto: estudo de caso de rede de água no bairro Condor e rede de esgoto no bairro São João do Outeiro em Belém-PA*. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade da Amazônia, Belém-PA.
- SEGEP. *Anuário Estatístico de Belém 2011*. Disponível em: <[http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO\\_2011/ANUARIO%202011%20COMPLETO.pdf](http://www.belem.pa.gov.br/app/ANUARIO_2011/ANUARIO%202011%20COMPLETO.pdf)>.
- Acesso em 18 de janeiro 2018.
- TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. *Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário*. 2. ed, São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

## LA PEDAGOGIA DE LOS GRANOS DE TIERRA

*Alba Rivero Olmos; Wilfredo Carazas Aedo (wcarazasaedo@gmail.com)*

Laboratorio de análisis de suelos CRATerre-ENSAG, Unidad de investigación “Architecture, Environnement et Culture Constructive” (AE&CC) - Francia.

**Palabras clave:** tierra, granos, aprendizaje, comunidad.

*Partiendo de las experiencias concretas sobre el modelo o forma de la enseñanza de la arquitectura de tierra en el mundo, donde se conjugan formas tradicionales académicas y formas de transmisión de saberes de los habitantes, que llamamos cultura constructiva, dentro de un contexto social y entorno natural específico, se pretende dar una rápida lectura histórica de la evolución de la construcción con tierra, después verificar las nuevas formas de enseñanza y diseminación a todos los ámbitos, donde los sentidos, naturaleza y el hombre se confrontan a la ciencia de manera simple y eficaz, lógicamente apoyados por alguna corrientes teóricas sobre la pedagogía de la enseñanza que son afines a la propuesta de concretizar una enseñanza propia para la arquitectura de tierra.*

### 1. INTRODUCCIÓN: LOS GRANOS DE NUESTROS ANTEPASADOS

Construir, hacer arquitectura es uno de los oficios más antiguos del hombre, se pretende que desde que él empezó a buscar refugio para abrigarse, una de las primeras formas fue usar la tierra fue para construir. Estos primeros conocimientos de formas de construcción se fueron transmitiendo de generaciones en generaciones hasta nuestros días, hoy lo llamamos cultura constructiva.

Pero en el camino de la historia había necesidad de transmisión de los conocimientos constructivos, aparece la enseñanza de la arquitectura o la construcción civil, hasta llegar a niveles altos de calificación, fruto de una enseñanza completa diversificada en diferentes cuerpos profesionales (arquitectos, ingenieros, entre otros).

Este proceso de transmisión de conocimiento ha estado acompañado de un proceso de evolución desde las técnicas y sistemas constructivos tradicionales hasta el uso de materiales artificiales o compuestos; este desarrollo alcanzado a logrado proponer una arquitectura sofisticada y altamente estética, aparecen arquitectos de renombre de gran fama, todo esto alimentado por la revolución industrial, paradójicamente este tipo de desarrollo ha logrado apartar al hombre de su naturaleza, de su entorno.

El hombre constructor y habitante, perdieron su cultura constructiva que está íntimamente ligada al contacto con la materia que proviene de su entorno inmediato, solamente en los años 70 y 80 se vuelve a retomar la mirada a la cuestión de la ecología, pero esta corriente es muy marginal, es vista como una corriente soñadora y naturalista.

Pero precisamente a fines de los 80 se profundiza la investigación y la enseñanza de una arquitectura que toma en cuenta el entorno y el clima, entonces aparece la arquitectura bioclimática, después ecológica, bio-arquitectura; en los últimos años se siente el problema del cambio climático y sus efectos desbastadores, el gasto energético que requieren del auxilio del material natural como la tierra para construir, con todas sus ventajas.

La enseñanza de esta corriente se realiza de manera intuitiva en muchos casos, académica dentro de formatos que utiliza la arquitectura moderna, pero felizmente existe todo un proceso de adaptación y búsqueda de formas metodológicas que permitan plantear la enseñanza de la arquitectura de tierra de manera eficaz, es decir tomando en cuenta la cultura constructiva, la materia tierra y el entorno del hombre.

Y el placer de aprender... Da paso a la ayuda mutua, la solidaridad, la apertura a los demás, el compromiso, el derecho a cometer errores, pero también la confianza mutua

Si, comprender y explorar la materia a través del contacto con nuestros sentidos, será una forma pedagógica eficaz y pertinente para desarrollar una verdadera arquitectura fruto de la expresión de nuestros sentidos.

## 2. LA NATURALEZA Y NUESTROS SENTIDOS

*"Lo que es absolutamente espontáneo en los seres humanos, Es el efecto inmediato de familiaridad, de simpatía, de veneración, casi filial. Porque ella es una materia por excelencia" – René Clair<sup>77</sup>*

Para la percepción de nuestro entorno cercano y el universo en general y para relacionarse con los objetos que se encuentran en ella, el hombre está dotado de los cinco sentidos.

El conocimiento del hombre acerca de la naturaleza que la rodea es porque está dotado de estos cinco sentidos que ha desarrollado a lo largo de su evolución humana, es decir que el hombre aprendió de servirse de sus sentidos para primero sobrevivir después para desarrollar formas de vida más compatibles con su medio, extraer materia, transformarla y modificarla.

El hombre en su entorno natural aprendió a emocionarse y maravillarse de la fuerza invisible de la materia que cambia, que se transforma, son fenómenos de interacción entre las materias, muchas veces no la comprende pero aprende a sentir y vivir con ella, el entorno para el hombre es una fuerza poderosa, una deidad que merece sentimientos de respeto y atracción.

Es un largo proceso de convivencia entre el hombre y la naturaleza, las formas de vida se desarrollan en un entorno específico, descubre la ciencia de las materias, va a comprender los fenómenos físicos que se operan, empieza a crear, a transformar, a construir; Esta suma de experiencias y conocimientos adquiridos por el hombre se traducen en la expresión: cultura constructiva de un pueblo con un entorno.



Figura 1. Grupo de participantes en el festival Granos de Isère en Francia, desarrollan ejercicios colectivos para mejorar las relaciones y predisposición para trabajar con la tierra. (Foto Archivo WCA)

<sup>77</sup> Rene Clair – 1898- Escritor- realizador Francés.



### 3. ENTRAR EN LA MATERIA

*“Una vez se ha empezado a conocer, es imposible no caer rendido ante la idea de ver las cosas tal y como son” – Platón<sup>78</sup>.*

La tierra una materia primera por excelencia en el exacto sentido de la palabra, por la memoria geológica que cada uno de sus granos entrega, por sus variados usos que le da el hombre y por el lugar que le da dentro de su imaginario, para muchos pueblos antiguos y actuales es una diosa madre pachamama<sup>79</sup> para la civilización andina, para los antiguos griegos Gaia<sup>80</sup>.

La materia visible a nuestros ojos es relativamente restringida, podemos tocarla, sentirla, olerla, pero es más, entonces nos aparecen las interrogantes, ¿cómo su estructura se mantiene?, ¿cuáles son sus componentes?, ¿A qué desafíos de las leyes de la mecánica son sometidos estos componentes? Muchas y otras preguntas se presentan, más nos adentramos en este universo, mas es nuestro interés y nuestro asombro por la materia tierra.

Ver como esos granos van jugando entre sus diferentes dimensiones, tomando posiciones, adquiriendo agua, eliminando el aire, dando formas cohesivas por el aporte del más importante de los componentes granulares: la arcilla, el cemento natural universal, es ella que asegura la perennidad de un producto o construcción con tierra

La arcilla, un universo a ella sola, otra razón para maravillarse, comprenderla es importante, remontar a sus orígenes geológicos, sabemos que está en todas partes, es infinita y universal, producto de una roca madre, su formación sobre todo se basa en componentes químicos.



Figura 2. Ofrenda realizada a la madre tierra por los constructores o agricultores antes de iniciar los trabajos – región de las comunidades quiches del altiplano de Guatemala.

<sup>78</sup> Platón, 428 A. C. Filósofo griego - su obra mayor “diálogos”

<sup>79</sup> Pacha mama, Nombre de origen Quechua hablado en la región andina que significa madre tierra.

<sup>80</sup> Gaia, en la mitología es descrita como la diosa madre, ella es la materna ancestral de las razas divinas.

#### 4. PEDAGOGIA DE LOS GRANOS

*“Pero esta "materia verdadera", los elementos de los que están hechos todos los edificios materiales, no es visible a simple vista. Para captarlo y entenderlo, es obligatorio ir más allá de las apariencias, ir más allá de las percepciones inmediatas, profundizar la mirada. «Etienne Klein – Les secrets de la matière<sup>81</sup>.*

Actualmente existe una voluntad de rescatar e innovar el conocimiento ancestral sobre la tierra con nuevas formas de enseñanza y transmisión de conocimientos científicos, utilizando una pedagogía activa e innovarte con conceptos y formas lúdicas, simples y sorprendentes.

El desarrollo de estas nuevas formas transmisión de conocimientos, su difusión y su pedagogía tienen una razón principal que es la valorización de la materia tierra como una excepción particular frente a otras materias o materiales de construcción.

En el universo de la enseñanza de la tierra se perfila, como una referencia en materia de enseñanza, el centro de investigación en arquitectura de tierra en Francia, CRAterre – ENSAG, los avances logrados en materia de investigación y la enseñanza de la arquitectura de tierra son importantes, sobre todo en estos últimos años, fruto de muchas experiencias de interacción con el público en todos los ámbitos y niveles, se han logrado proponer nuevas formas pedagógicas de enseñanza, que bien pretendería situarse como una pedagogía innovarte y activa. Por ejemplo, se han creado nuevos útiles de difusión, que se llaman “maletas pedagógicas”. Esta forma de enseñar y difundir es interesante exponerlos en los espacios de la enseñanza superior, centros educativos y centros de formación profesional ligados a la construcción con tierra.

También en los últimos años se han propuesto nuevas formas de transmisión de la investigación y formulaciones científicas de la física y la mecánica que se manejan dentro de la materia y de la construcción, aparece el proyecto AMACO en Francia que profundiza estas investigaciones y dentro de ellas su inquietud por promover formas de transmisión de estos conocimientos.

El termino cooperación - colaboración debería romper con las prácticas de enseñanza de la arquitectura de tierra que se asemejan a la enseñanza de la arquitectura académica, es decir romper con esa relación de un experto que solo transmite a otros, hay planes más eficaces, donde se priorizan las capacidades de reflexión, de responsabilidad y organización del estudiante o participante, dando paso a la solidaridad y apertura a los demás, hay derecho de cometer errores y sobre todo al placer de aprender.

Una de las formas de enseñanza innovadora fue propuesta y desarrollada por el Arquitecto P. Doat <sup>82</sup> quien dice: *“Aprender a construir, a construirse con alegría - Basó su pedagogía en la experimentación, un verdadero motor para estimular la imaginación y fomentar el surgimiento del pensamiento creativo. Debemos atrevernos, atrevernos a desobedecer, atrevernos a tratar, a atrevernos a ver en grande, a ver de manera diferente, a atrevernos a tocar la materia, a aceptar ser transformados por contacto y contacto, a atrevernos a cambiar profundamente nuestras relaciones con nuestro entorno, al saber hacer y a nuestras formas de pensar y vivir”*

---

<sup>81</sup> Etienne Klein, Físico doctor en filosofía de las ciencias, director del laboratorio de las ciencias de la materia y la energía atómica – Francia.

<sup>82</sup> Patrice Doat, Arquitecto – docente en la Escuela de Arquitectura de Grenoble, fundador del centro de investigación de arquitectura de tierra – CRAterre – Francia.



Figura 3. Prácticas de construcción realizada por los estudiantes de arquitectura de Grenoble, donde se promueve el trabajo colectivo y la comunicación con alegría. (Foto: archivo P. Doat)

En el marco de la enseñanza de la arquitectura de tierra, parte del principio de la conjunción secuencial de la materia, material, técnicas constructivas con una cultura constructiva dentro de un entorno natural propio o específico; entonces el desafío pedagógico es ligar estas condicionantes de manera científica, lúdica et histórica.

Aprender a mirar, sentir, explorar, identificar, comprender y ver todas las propiedades físicas y las potencialidades de la materia tierra para construir, entonces enseñar o difundir la construcción con tierra es específica a ella, que la hace diferente de otras formas de enseñanza técnica sobre todo con materiales artificiales.

Solo el contacto directo del hombre con la materia “cuerpo-materia” garantiza un conocimiento profundo y sobre todo estrecha la relación entre el hombre y la tierra, maravillarse sus sentidos, cuestionarse sobre los fenómenos físicos que ocurren.

Entonces la enseñanza no puede ser solo, intuitiva y sensitiva, no puede ser teórica-técnica, no puede desligarse de la memoria colectiva y estar conscientes del entorno natural donde se desarrolla la arquitectura.

## 5. EXPLORAR LA MATERIA

*“El juego es la forma más elevada de investigación.” – Albert Einstein <sup>83</sup>.*

Una de las formas de emprender la aventura del aprendizaje de la arquitectura de tierra, es tomar contacto directo con la materia tierra, explorar en su parte intrínseca, es decir entrar en su universo propio, entender sus componentes y sus propiedades; pero utilizando métodos de aprendizaje más eficaces y convenientes para conjugar, ciencia, sentidos y desarrollo personal y de grupo.

---

<sup>83</sup> Albert Einstein, 1879 – Físico alemán de origen judío, autor de la teoría de la relatividad y otros



Partiendo del principio que la tierra es una materia trifásica o una materia compuesta por tres fases o sus componentes importantes (Agua, aire y granos) y las relaciones o interacciones que se dan entre ellas, es decir las calidades granulares de su parte sólida, el comportamiento mecánico como resultado de las variaciones del aire y la variación de estados hídricos.

Este ejercicio ofrece entrar en contacto directo en la materia, desarrollar una serie de manipulaciones y conformaciones a escala real para entender de manera más significativa los conceptos teóricos: las leyes de la física general y la mecánica de suelos y que permite reflexionar, dar opiniones, descubrir en el momento los fenómenos, así mejor assimilar los conceptos de la información obtenida.

Todas estas acciones permiten una mejor relación humana entre los actores, que van a permitir mejorar las discusiones y llegar a conclusiones más objetivas, después será almacenado en la memoria de una manera más firme; esta forma de aprendizaje tiene como nombre: “aprendizaje experiencial” propuesto por algunos especialistas, entre ellos David A. Kolb.<sup>84</sup> como un promotor moderno de esta propuesta.

El ejercicio logra que el grupo, tenga decisión de acción, confrontación de la experiencia en tiempo real, descubrir o predecir la naturaleza de la tierra, las acciones que podrían desarrollarse, (ejemplo: la acción de compactar) y sus implicancias en el uso posterior como material de construcción para una técnica constructiva determinada (ejemplo: tapia)



Figura 4. Participantes al SIACOT Cuenca Ecuador, trabajo de grupo et intercambio de experiencia sensitiva et científica.

Esta experiencia de ejercicio permitirá que después al sujeto (arquitecto o constructor) crear un material adecuado para construir con tierra, reflexionar a la idea de identificar diferentes usos del material (Usos, adecuaciones, mezclas, etc.), así elaborar una cadena de producción y el desarrollo de la arquitectura de tierra, que se inicia en la materia, es decir hacer arquitectura de tierra con un buen conocimiento desde la materia hasta la arquitectura.

<sup>84</sup> David A. Kolb - 1939 – Especialista de teorías de la enseñanza – aprendizaje experiencial.

## 6. SORPRENDER- MALETAS PEDAGÓGICAS: ELÉMENTERRE, UNIVERSABLE, “GRANOS MÁGICOS” Y “TIERRA & SENTIDOS”

*“Sea cual sea su peso, su tamaño, su forma, su constancia, todos los objetos materiales y los organismos vivos, insectos y pájaros, los hombres y los árboles que nos rodean están hechos de materia. ¿Qué podemos decir sobre ellos sin usar un microscopio o un telescopio? ¿Qué tamaños lineales tienen los objetos que nos rodean, cualesquiera superficies y volúmenes ocupan?” - Etienne Guyon<sup>85</sup>.*

El arte y la ciencia se confunden, para que se pueda apreciar con los sentidos lo extraordinario de la materia está el arte, la ciencia va ayudar a comprender la materia en su plenitud, desde la vasta inmensidad hasta su infinito pequeño, donde los movimientos de los seres y cosas proceden de ciertos principios de equilibrio y de dinámica con una tendencia espontanea de buscar su estabilidad

Sorprender y maravillar al sujeto con simples formas lúdicas de enseñanza que proponen con una base de conocimientos que explican la materia y los fenómenos que ellas van operar en la construcción con tierra.

Para construir con tierra es importante comprender la materia y sus fenómenos físicos, para ello se requiere identificar formas o métodos pedagógicos adecuados y que sean compatibles con la especificidad de la construcción con tierra, muchos han expresado lo siguiente “quiero aprender a construir con mis manos, en la práctica, así entiendo mejor”, entonces tanto mejor si utilizamos metodologías alternativas o abiertas y activas.

Las maletas pedagógicas y científicas “ElémenTerre” y “univerSable” “granos mágicos” y “tierra & materia” son propuestas desde hace algunos años por un equipo de investigadores del laboratorio CRAterre de la Escuela de arquitectura de Grenoble, tienen estas la vocación de proponer una forma de transmisión de conocimientos científicos sobre la materia tierra que es el preámbulo para un mejor conocimiento de la arquitectura de tierra, esta enseñanza tiene como principio de transmitir conocimientos con una pedagogía activa pero que sobre todo se asocia a la simplicidad y facilidad de ejecutarlo.



<sup>85</sup> Etienne Guyon: Físico – investigador en la escuela superior de física y química París, Francia.



Figura 5 y 6. Experiencias de sensibilización con niños de las escuelas de la región Isère- Francia, Los niños tocan, cuestionan y se maravillan con la materia “mágica” (Fotos archivo WCA)

Una de las particularidades de estas experiencias es que durante el ejercicio el participante (niño o adulto) se sorprenda, intuya, vaya contra lo que creemos, le sea lógica y luego le será evidente, concentrar su atención al ejercicio o experiencia realizada por sí mismo es mucho importante que llamar la atención con instrumentos sofisticados o extraños que pueden desviar la atención o concentración del participante.

Las maletas pedagógicas contribuyen eficazmente a la valorización de la arquitectura de tierra y sobre todo dotar del valor científico a las prácticas constructivas tradicionales basadas en la experiencia empírica.

### **7. IDENTIFICAR Y ADECUAR- ENSAYOS DE CAMPO (LOS SENTIDOS PARA CONSTRUIR, CON INFORMACIONES CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS QUE SE TRADUCEN EN UNA INFORMACIÓN CONCRETA DEFINIDA PARA CONSTRUIR)**

Una de las formas de transmisión de conocimientos en la construcción con tierra es sobre todo el método empírico y tradicional que desde hace muchos años son los ensayos de campo, para hacerlos utilizamos nuestros sentidos y que por cierto se muestra eficaz y pertinente, pero existe la tendencia de encasillarlo como eso, ensayos de campo, no obstante es una herramienta metodológica eficaz, porque promueve el contacto directo entre el sujeto y la materia tierra, es decir poner a disposición todos los órganos sensitivos del sujeto para descubrirla e identificarla eficazmente.

Los ejercicios llamados “de campo” o “ensayos de suelos” constituyen un paso importante para el reconocimiento de los suelos o tierras a construir, estos ensayos nos entregan informaciones preliminares de las características de la tierra para construir, con los ojos, el olfato, las manos y hasta el paladar, que al final ofrecen un veredicto preliminar que después será refrendado en un laboratorio.



Figura 7. Participantes en Guatemala evalúan e intercambian opiniones para identificar un tipo de tierra (Foto: archivo WCA)

Es cierto que existen numerosas formas de realizar estos ensayos de campo, es precisamente porque son producto de experiencias empíricas que hacen uso de los sentidos, estas han sido transmitidas de generaciones en generaciones, esto es válido, pero sobre todo es importante que tenga una lectura con valor científico, que lo validen de

manera más eficaz, es decir que el sujeto sienta la materia y lo describa con valoraciones científicas, claro dentro de una forma pedagógica propia e innovadora donde el sujeto este inmerso en una pedagogía y métodos de aprendizaje experiencial.

## 8. CREAR, CONSTRUIR CON LOS SENTIDOS

*” La construcción debe recomponer lo que reemplaza con su presencia y servir como un medio de comunicación con la naturaleza. Basado en la adecuación de una arquitectura a una situación, su trabajo se nutre de las contradicciones del mundo circundante para enriquecerse y establecer un diálogo entre los edificios y el entorno, la forma y la estructura, la tecnología y la naturaleza”. Itsuko Hasegawa <sup>86</sup>.*

Construir es en realidad el resultado de la materia y la técnica, para alcanzar una idea o un hecho artístico que después debe ser concretizado para crear espacios y formas arquitectónicas propias de un contexto social y entorno natural, es decir que es importante que el sujeto (constructor o arquitecto) esté dotado de una serie experiencias concretas y eficaces.

Construir con tierra es una especificidad: la tierra es una materia viva, es infinita, inacabable y ella la hace diferente que las demás materias, sobre todo de aquellas que han sido transformadas, duplicadas o simplemente re-creadas artificialmente.

Aprender a hacer arquitectura de tierra es aprender a utilizar todos los sentidos y la ciencia, construir es conocer la materia y la técnica, como esta materia – material evoluciona, se maneja en una obra y solo nuestros sentidos podrán captar y comprender estas especificidades de la tierra.



Figura 8. Constructores de bóvedas en Uzbekistán (Foto: Archivo WCA)

<sup>86</sup> Itsuko Hasegawa arquitecto japonés 1941.

## 9. ALGUNOS GRANOS DE MÁS

Estamos en un periodo crítico donde la humanidad está buscando respuestas, soluciones a los fenómenos de cambio climático, gasto energético y otras formas de crisis que asolan el planeta tierra, sabemos que un buen porcentaje del gasto energético (40%) proviene que la industria de la construcción convencional que usa materiales que necesitan mucha energía para su fabricación y no son reciclables.

En los ámbitos académicos y de formación para la construcción se siguen manejando formas de enseñanza pasiva, convencional que tienen como objetivo producir una arquitectura internacional impactante, esto debe cambiar y la arquitectura de tierra tiene esa posibilidad y capacidad para enseñar otras formas de construcción bajo otras formas más innovadoras de aprendizaje, la materia y arquitectura de tierra tienen esta capacidad, en resumen es nuestra contribución al planeta poner unos granitos de tierra.

## 10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Archilab. (2013). *Dossier pédagogique, 'naturaliser l'architecture*. Francia: Editions Les turbulences Centre.
- Deny M. y Pigache A. C. (2017). *Le grand guide des pédagogies alternatives*. Francia: Editions Eyrolles.
- Guyon E. (2010). *Matière et matériaux – De quoi est fait le monde*. Francia: Editions Belin.
- Guyon E. y Troadec J.P. (1994). *Du sac de billes au tas de sable*. Francia: Editions Odile Jacob.
- Houben H. y Guillaud H. (2006) *Traite du Construction en terre*. Francia: Editions Parenthèses
- Klein, E. (2015). *Les secrets de la matière*. Francia: Editions Libro.
- Kolb D. (2014). *Experiential Learning – Experiencie as the source of the learning and development*. E.E.U.U: Editions Pearson.
- Rivero Olmos A. (2018). *Informe “ Elementerre – de la matière à l'architecture – Livret 1” :CRATerre Ensag*
- Witkowi, N. (2011). *Petite métaphysique des jouets*. Francia: Editions de la Martinière
- Zucchi A. (2018). *Grands apprentissages Montessori pour petites mains*. Francia: Editions Marabout.

# PLANO DE EDUCAÇÃO BIM: O ESTUDO DE CASO DA FIRJAN SENAI NA DIFUSÃO DA METOLOGIA BIM NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

*Cristiane Ramos Magalhães (crisarqrj@gmail.com.br)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil  
Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (FIRJAN) - Brazil

**Palavras chave:** BIM, Plano de Educação BIM, Educação Profissional; Transferência Tecnológica; Laboratório BIM.

*A adoção da Plataforma BIM (Building Information Modeling) trouxe oportunidades para a indústria da Construção Civil. A partir de estudo prospectivo iniciado em 2012 e ampla pesquisa junto à cadeia produtiva, a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (Firjan) delineou o seu posicionamento estratégico tendo o BIM como um de seus focos de atuação. A carência de integração da formação superior com as necessidades da indústria, apontadas no Relatório Técnico de Estudo de Tendências Tecnológicas da Indústria de Construção Civil no Segmento de Edificações, em 2013, motivou a empresa a definir três vertentes de atuação BIM: Educação Profissional, Capacitação Executiva e Políticas Públicas. A primeira a ser explorada e a mais desenvolvida foi a vertente Educação Profissional, tendo como resultados o Plano de Educação (PEBIM) e a inauguração em 2015 de dois laboratórios BIM: um fixo e uma escola móvel, também chamada de BIM Truck. Juntos os laboratórios passaram a atender tanto às demandas da capital como as do interior do Estado e, como estratégia de atuação, o PEBIM foi dividido em duas fases de implantação, a primeira visando o desenvolvimento de competências básicas (SUCCAR, 2012), e a segunda fase iniciada em 2019, chegando às competências intermediárias e estágio de colaboração (SUCCAR, 2008). Por fim, é importante destacar que a atuação pela difusão de BIM teve, em agosto de 2018, reforço com a inauguração de mais um ponto de aprendizagem BIM, na Casa Firjan em Botafogo e está prevista para o segundo semestre de 2019 a inauguração do Retrofit da Escola SENAI Tijuca de Construção Civil, cujo foco está no desenvolvimento de competências relacionadas à digitalização da construção para os profissionais da Indústria. Este trabalho é parte de uma tese de doutorado, em desenvolvimento, que trata de BIM e digitalização da construção no Brasil.*

## 1. INTRODUÇÃO

A partir do **Relatório Técnico de Estudo de Tendências Tecnológicas da Indústria de Construção Civil no Segmento de Edificações**, publicado em 2013 e do documento **Construção Civil: Desafios 2020**, publicado em 2014 e elaborado após ampla pesquisa aplicada pela FGV junto a cadeia produtiva, a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro (Firjan) definiu o seu posicionamento estratégico de apoio ao desenvolvimento do setor, tendo o BIM ou Modelagem da Informação da Construção, como um dos seus focos de atuação.

A adoção da Plataforma BIM trouxe uma série de oportunidades e desafios para a Indústria da Construção Civil e a Firjan, enxergando a carência de integração da formação superior com as necessidades demandadas pela indústria, definiu três vertentes de atuação BIM: Educação Profissional, Capacitação Executiva e Políticas Públicas. A primeira a ser explorada e a mais desenvolvida foi a vertente de Educação Profissional, tendo como



resultados o Plano de Educação (PEBIM) e a inauguração em 2015 de dois laboratórios BIM: um fixo e uma escola móvel, também chamada de BIM Truck.

Serão apresentados, nas próximas seções, a jornada da Firjan para a difusão de BIM. Um trabalho iniciado seis anos atrás e que certamente está só no início, uma vez que é longo o caminho até se tornar provedora de soluções BIM e, por meio do SENAI RJ, promover a capacitação de mão de obra em todos os níveis, nesta temática (FIRJAN, 2014). OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a atuação da Firjan SENAI em relação à difusão de BIM, bem como as vertentes e diretrizes adotadas pela empresa para a difusão da metodologia para o setor de Construção Civil, no Estado do Rio de Janeiro.

### 1.1. Motivação

A Firjan, diante do cenário de expansão econômica porque o setor de construção civil passou no Brasil entre os anos de 2003 e 2013, com o Produto Interno Bruto (PIB) do setor superando o do país, entendeu que eram necessários novos desafios relacionados à inovação, tecnologia, qualificação profissional e estabelecimento de um ambiente de negócios que favorecesse à produtividade, à competitividade empresarial e ao desenvolvimento do setor. A mão de obra setorial vinha experimentando o pleno emprego desde 2006, com taxas de desemprego inferiores a 6% o que se manteve até 2014 com os indicadores econômicos, também confirmando a relevância deste setor (FIRJAN, 2014). Diante das profundas mudanças na conjuntura setorial, as empresas construtoras estavam sendo pressionadas a alterar seus processos de produção no sentido de reduzir custos e adequar a realidade dos produtos ofertados às condições de mercado (MELHADO, 2001).

Ao acompanhar esse cenário de perto e, na busca por respostas aos desafios colocados, foi entregue pelos grupos de trabalho da Firjan, um **Relatório Técnico de Estudo de Tendências Tecnológicas da Indústria de Construção Civil no Segmento de Edificações**, em maio de 2013. Este estudo teve como principal objetivo identificar as tendências tecnológicas que influenciariam a competitividade nos 10 anos seguintes daquela indústria, especificamente no segmento de edificações residenciais e comerciais (FIRJAN, 2013). A elaboração do Estudo foi dividida em três partes: (1) Mapeamento das Tecnologias, (2) Seleção e Priorização das Tecnologias Mapeadas e (3) Disseminação dos Resultados Encontrados.

A **etapa de Seleção e Priorização das Tecnologias** teve destaque, pois foi necessária a formação de um Painel Especialista que contou com a participação de 22 especialistas, dentre eles representantes do setor industrial, de entidades do setor, de instituições científicas, tecnológicas e representantes de grupos de trabalho internos da Firjan (FIRJAN, 2013). O **Mapeamento da Tecnologias** trouxe 261 tecnologias disponibilizadas para voto e as tecnologias que tiveram pelo menos seis votos dos especialistas foram sinalizadas como aquelas que poderiam ser alvo das ações futuras da Federação. Para fazer o levantamento de votos foi elaborada uma tabela, representada na Figura 1, que relacionou as mais votadas pelos participantes do Painel Especialista, mostrando no canto esquerdo a quantidade de votos para cada uma delas. A tecnologia mais bem ranqueada foi o Building Information Modeling (BIM) que naquele ano de 2013 ainda estava sendo reconhecido como tecnologia. A partir deste resultado a Firjan entendeu a necessidade de se posicionar de forma contundente em relação à difusão BIM (FIRJAN, 2014), iniciando a **Disseminação dos Resultados Encontrados**.



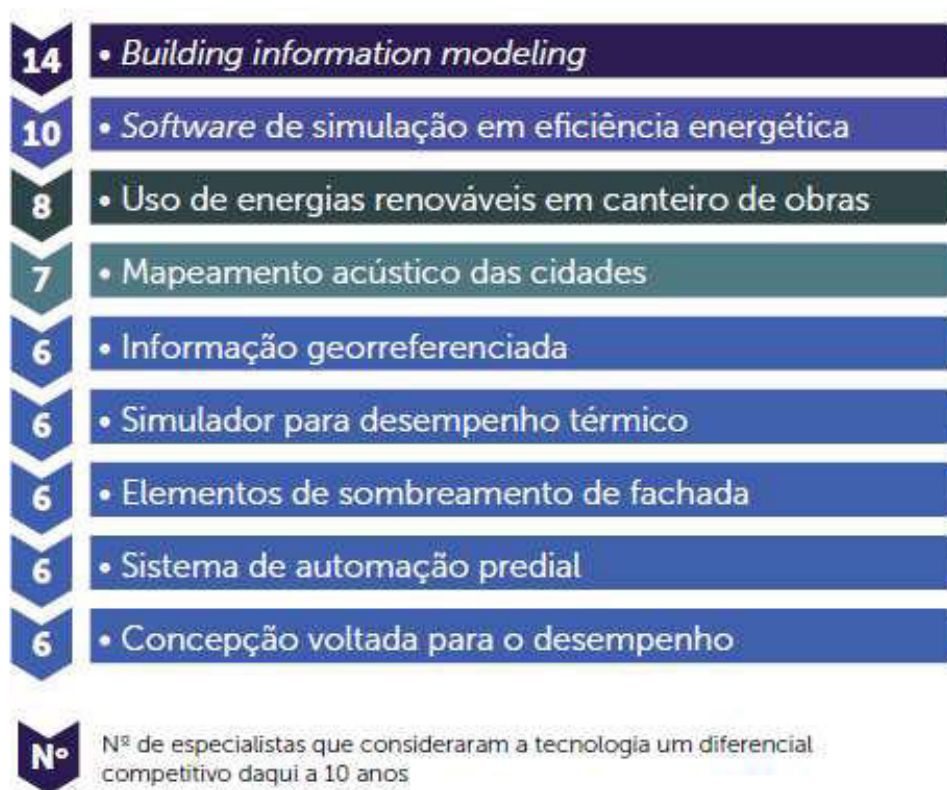


Figura 1. Tecnologias mais votadas no Painel Especialista, FIRJAN 2013

## 2. METODOLOGIA

A estratégia metodológica utilizada neste artigo é o estudo de caso, uma vez que será apresentada toda trajetória percorrida por uma organização, partindo desde estudos prospectivos até os caminhos que levaram à decisão de atuação em diferentes vertentes chegando à elaboração de um Plano de Educação BIM.

### 2.1. Contextualização: Construção Civil - Desafios 2020 um olhar para o futuro

Do ponto de vista metodológico apenas o **Técnico de Estudo de Tendências Tecnológicas da Indústria de Construção Civil no Segmento de Edificações** não foi suficiente para respaldar as estratégias que deveriam ser tomadas para responder aos desafios do setor em função da magnitude das transformações que estavam acontecendo. Por isso, em 2013, foi contratada uma pesquisa junto à Fundação Getúlio Vargas (FGV) para mergulhar neste segmento econômico ampliando o olhar de tecnologia e acrescentando as variáveis de inovação, mão de obra e organização do trabalho, emergentes, não só no Rio de Janeiro, mas também no Brasil (Firjan, 2014) e que pudessem subsidiar um planejamento de médio e longo prazo. Desse modo a pesquisa encomendada à FGV foi denominada **Construção Civil: Desafios 2020** e a construção de seu conteúdo dividido nas etapas de **Visão de Mundo, Análises e proposta e Resultados**.

Na etapa de **Visão de Mundo** foi sentida a necessidade de expandir o olhar para fora do Brasil e para isso foi feita uma viagem de *benchmarking* à Alemanha, país escolhido por seu destaque em termos de práticas de qualificação e capacitação, padronização e regulamentação de materiais e processos produtivos e planejamento e elaboração de projetos. Foram elencadas 9 instituições a serem visitadas e que serviram de referencial, listadas na Tabela 1:

Tabela 1. Instituições Visitadas como referência, modificado pela autora de Firjan, 2014

	Instituição	Detalhamento
i	Schneider + schumacher	Empresa alemã que realiza projetos vanguardistas em arquitetura, construção civil e design de interiores.
ii	Technische universität darmstadt	A Universidade Técnica de Darmstadt tem como foco de suas pesquisas e ensino as áreas tecnológicas relevantes para o desenvolvimento econômico e tecnológico da região metropolitana do Reno-Frankfurt.
iii	Bauwirtschaft baden-württemberg e.v	A Federação do setor de construção civil em Baden-Württemberg fornece suporte a cerca de 1.550 empresas associadas, que correspondem a cerca de 34 mil funcionários, por meio do auxílio em questões jurídicas, econômicas e específicas.
iv	Philipp matthäus hahn schule technische	É uma escola técnica em Nürtingen nos campos da construção, engenharia, metalurgia e nas tecnologias de cores, madeira e automotiva
v	DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen)	O conselho alemão para a construção sustentável tem como foco a promoção da construção sustentável e eficiente. A DGNB atua na certificação de edificações quanto às questões de sustentabilidade.
vi	Fraunhofer ibp	O instituto foca seu trabalho em pesquisa, desenvolvimento, testes, demonstrações e consultoria em vários campos da física da construção.
vii	Handwerkskammer für münchen und oberbayern	A Câmara de Ofícios de Munique e Região da Baviera é uma entidade pública que oferece uma gama de serviços aos trabalhadores autônomos e pequenos empreendedores associados, tais como: consultorias em questões jurídicas e trabalhistas, formação, habilitação profissional e defesa dos interesses.
viii	Fraunhofer bau	O Fraunhofer Building Innovation Alliance trabalha com pesquisas voltadas para a inovação e o desenvolvimento tecnológico da cadeia produtiva da construção. Os pesquisadores e cientistas do Fraunhofer prestam assistência às empresas em todo o ciclo de vida de um empreendimento, desde a seleção do software adequado de planejamento até a reciclagem de materiais de construção e desconstrução de uma edificação
ix	Knauf	Empresa do ramo de gesso produz e comercializa sistemas drywall completos para paredes, forros, revestimentos e fachadas, bem como, placas especiais antirradiação, acústicas e revestidas com fibra de vidro. Além de equipamentos para bombeamento, projeção de argamassas e gesso e materiais isolantes.

Além disso, foi feito um programa de entrevistas de campo contemplando empresas, especialistas e fornecedores do setor “[...] em relação à situação atual e aos gargalos existentes para o desenvolvimento da competitividade e produtividade do segmento de construção de edifícios” (FIRJAN, 2014 p.17). Foram no total 159 entrevistas presenciais no período de 8/4/2013 a 3/7/2013 segundo a metodologia de amostragem por julgamento ou intencional, em que os entrevistados foram indicados de comum acordo pela FGV e Firjan

com apoio do Sinduscon-Rio e CBIC. Foram entrevistadas 61 empresas sendo 23 empresas de porte pequeno (até 100 postos de trabalho), 21 empresas de porte médio (entre 100 e 500 postos de trabalho) e 17 empresas de porte grande (mais de 500 postos de trabalho) totalizando 61. Segundo a Firjan (2014):

Em primeiro lugar, com um enfoque mais genérico, as entrevistas buscaram conhecer a visão dos entrevistados em relação ao estágio de desenvolvimento tecnológico, a fatores relevantes para a competitividade e produtividade, práticas e necessidades de treinamento, capacitação e certificação de pessoas, necessidades em relação à tecnologia e estratégias de inovação. Além disso, em um enfoque mais específico, os respondentes foram chamados a opinar sobre um conjunto de 58 tecnologias/processos previamente selecionados a partir do Estudo de tendências tecnológicas na indústria da construção civil no segmento edificações.

Na sequência, a etapa de **Análise**, iniciou com a tabulação dos dados, obtendo-se um diagnóstico do segmento de construção de edifícios no que se refere à problemática da mão de obra e tecnologia. Para que fosse possível a entrega não só do diagnóstico, mas também, demonstrar os grandes desafios estratégicos do setor foi feito um *Workshop*, no dia 4 de dezembro de 2013, que definiu os desafios e linhas de ação. O *Workshop* contou com a presença e participação de 42 empresários do segmento de edificações de diferentes regiões do país e lideranças sindicais do setor do estado do Rio de Janeiro e trouxe 5 diretrizes visando aumento da produtividade:

- intensificar o emprego de modernas práticas de gestão, métodos racionalizados, industrializados e inovadores de construção;
- melhorar a capacitação da mão de obra em todos os níveis;
- melhorar a atratividade para a carreira da construção;
- melhorar a atratividade para a carreira da construção e
- incorporar novas tecnologias ao sistema produtivo das empresas construtoras.

A partir das diretrizes colocadas e da compreensão que BIM (Building Information Modeling) não era uma tecnologia, mas sim “ um conjunto de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar os dados digitais essenciais do projeto e da construção ao longo do ciclo de vida do empreendimento” (SUCCAR, 2009) percebeu-se que a partir da difusão BIM seria possível atacar diferentes desafios de forma integrada. Nesse contexto, como etapa de **Resultado**, a Federação das Indústrias do Rio de Janeiro delineou como um de seus objetivos ser provedora de soluções BIM, por meio do SENAI RJ e com isso promover a capacitação de mão de obra em todos os níveis (FIRJAN, 2014). Tudo isso somado ao fato de BIM ter sido o tema com maior número de votação entre os especialistas, portanto o tema mais relevante. Foi então a partir deste ponto que a Firjan iniciou sua jornada BIM.

Durante os anos de 2014 e 2015 grande parte das ações da Firjan estavam associadas a seminários e eventos com especialistas, visando a difusão BIM. Foi um período de articulação e de palestras no município e no interior do estado do Rio de Janeiro. As palestras foram denominadas “Troca de Experiências” e “Giro Construção Civil”. Foi durante esta fase que os estudos de viabilidade técnica e econômica foram elaborados para decidir as vertentes de atuação e as necessidades de investimento em infraestrutura para atuação BIM. Deste modo foi decidido que a Firjan atuaria em três vertentes distintas: Educação Profissional, Capacitação Executiva e Políticas Públicas, conforme na Tabela 2. Foi definido que a primeira vertente de atuação em BIM seria pelo SENAI/RJ.

Tabela 2. Vertentes de atuação e seus objetivos

Vertente de Atuação	Objetivo
Educação Profissional	<p>Implantar Programa de Educação Continuada em tecnologias BIM, ofertando portfolio SENAI de soluções BIM, conforme as diferentes dimensões da metodologia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Nível 0:</b> BIM - Instrumental;</li> <li>• <b>Nível 1:</b> FULL BIM, 4D e 5D -Instalações Prediais, Estruturas, Famílias, Planejamento, Orçamento;</li> <li>• <b>Nível 2:</b> Compartilhamento e Interoperabilidade - Coordenação, Simulação (térmica, acústica, luminica etc.), execução e Sistemas Construtivos, Code Checking (códigos de obras, norma de desempenho...) e Facilities.</li> </ul>
Capacitação Executiva	<p>Implantar <b>Programa de Capacitação Executiva em BIM</b> com desdobramento em <b>Capacitação Profissional</b> e <b>Consultoria</b> com foco em apoiar as empresas da cadeia produtiva na tomada de decisão para adoção do BIM. Com isso iniciar um programa de consultoria para Implantação de BIM em no estado do Rio de Janeiro.</p>
Políticas Públicas	<p>Desenvolver um <b>Programa de Difusão e Implantação BIM na esfera Pública</b> destacando a importância do uso de BIM como instrumento de aumento de produtividade e de transparência nas licitações e no processo de licenciamento de obras.</p> <p>Desenvolver soluções customizadas para capacitação do corpo técnico (engenheiros e arquitetos) de prefeituras e órgãos governamentais das diferentes esferas de governo.</p> <p>Disseminar BIM por meio de palestras e eventos junto ao governo, mercado e academia, contando, em especial, com a capacidade de permeabilidade da Firjan SENAI em todo estado do Rio de Janeiro.</p>

É importante destacar que uma das características inerentes da metodologia BIM é o fato de os empreendimentos serem construídos virtual e digitalmente em um ambiente comum de dados (CDE). Isto possibilita, desde a origem, a combinação de várias especialidades de modo que os modelos virtuais centralizem informações e, com isso, melhorem a interação entre as partes envolvidas ao longo do desenvolvimento do empreendimento (Magalhães, 2018). Por isso BIM pode ser considerado como um catalisador capaz de reduzir a fragmentação da indústria da AECO, melhorando sua eficiência e diminuindo custos pela perda de informação ao longo do processo de projeto, construção e manutenção do edifício (ESATMAN, 2014; Andrade et RUSCHEL, 2011; SUCCAR, 2009).

### 3. RESULTADOS: PLANO DE EDUCAÇÃO BIM (PEBIM)

Ao se decidir iniciar as ações BIM pela Educação profissional o passo seguinte foi a elaboração de um **Plano de Educação (PEBIM)**, contemplando a infraestrutura necessária, o modelo de atuação da Firjan SENAI/RJ e premissas e diretrizes a serem tomadas.

Uma das premissas foi estar presente em todo o estado do Rio de Janeiro. Para isso, como resposta de investimento decidiu-se, do ponto de vista de infraestrutura, pela criação de pelo menos dois laboratórios: um laboratório fixo e uma escola móvel. Em outubro de 2015, foram inaugurados ambos os espaços e a escola móvel passou a ser chamada de *BIM Truck*, como pode ser visto na Figura 2. Juntos, os laboratórios puderam atender tanto as demandas da capital como as do interior do estado Rio de Janeiro. O Laboratório BIM SENAI é composto por 20 postos de aprendizagem e computadores com dois monitores sendo um aluno por posto de trabalho e atende a capital do Rio de Janeiro. Já a *BIMTruck* é



composta por 14 postos de Aprendizagem e já percorreu os municípios de Volta Redonda, Três Rios, Petrópolis, Cabo Frio, Campos dos Goytacazes, Itaperuna e Nova Friburgo desde a sua inauguração. A Firjan SENAI RJ, portanto, passou a contar com dois laboratórios com tecnologia BIM embarcada.



Figura 2. Escola Móvel, BIM Truck

O PEB, além de infraestrutura, contemplou as estratégias de Educação Profissional, divididas em duas etapas. A primeira com início em 2015 e, do ponto de vista de capacidades, desenvolveu competências básicas (SUCCAR, 2012). O objetivo nesta primeira etapa do Plano de Educação BIM foi de entregar cursos fundamentalmente práticos, de curta duração e ministrados por arquitetos com experiência em escritório de projetos e obras. Os professores precisavam trazer a visão da potencialidade da metodologia e a percepção de que se tratava de uma plataforma com infinitas possibilidades para os alunos que estivessem em sala de aula. As turmas foram mistas tendo como pré-requisito um público alvo de estudantes de arquitetura e engenharia ou profissionais de engenharia civil e arquitetura, projetistas e técnicos de edificações. Foi prevista que a composição de turmas fosse multidisciplinar para fomentar a troca de competências e enriquecer as discussões. A avaliação da aprendizagem ocorreu durante todo o processo sendo diagnóstica e contínua, possibilitando o acompanhamento do desenvolvimento do aluno pelo instrutor.

Para a primeira fase intenção original foi a criação de um portfólio ferramental simplificado dando ênfase à sistemática de ensino que deveria ter como premissa a lógica de pautada em processo de projeto. Os cursos foram desenvolvidos por meio de aulas expositivas, totalmente práticas com foco no processo de projeto. Na primeira fase utilizou soluções AutoDesk sendo a ênfase no software Revit. Foram desenvolvidos 2 cursos, BIM: *Revit Básico-Modelagem da Informação da Construção* e *Revit Avançado-Modelagem da Informação da Construção*. A segunda fase de implantação teve início recente, em 2019 quando a instituição aumentou seu portfólio de modo a explorar maiores possibilidades oferecidas pela plataforma BIM, pretendendo chegar até as competências intermediárias (SUCCAR, 2012) e no estágio de colaboração (SUCCAR, 2009). Neste momento está em pleno desenvolvimento de expansão de portfólio que conta com mais 4 cursos, neste início da etapa 2 do PEB.



#### 4. DISCUSSÕES

Desde o fim de 2015, a Firjan SENAI iniciou sua atuação na vertente de **Educação Profissional**. Para isso elaborou o PEB e inaugurou infraestrutura que permitisse a aplicação de cursos, atendendo as competências básicas e intermediárias com ênfase no processo de projeto. A Figura 3, ilustra de forma esquemática da Experiência de Implementação de Educação BIM na Firjan SENAI/RJ.

A vertente de **Políticas Públicas**, teve como destaque a elaboração e coordenação de eventos de difusão BIM, contando com a participação de mais de mil pessoas participando das palestras no Estado do Rio de Janeiro, até o momento. Esta etapa coexistiu com a educação profissional, que formou mais de duzentos alunos até o ano de 2018. A vertente de **Capacitação Executiva** tem previsão de início em 2019 e foi a vertente menos desenvolvida até aqui.



Figura 3. Esquemático da Experiência de Implementação de Educação BIM na Firjan SENAI/RJ

Por fim, é importante destacar que a atuação em prol da difusão de BIM teve, em agosto de 2018, reforço com a inauguração de mais um ponto de aprendizagem BIM, na Casa Firjan em Botafogo e está previsto para o segundo semestre de 2019 a inauguração do Retrofit da Escola SENAI Tijuca de Construção Civil, cujo foco está no desenvolvimento de competências relacionadas à Digitalização da Construção.

#### 5. CONCLUSÕES

Fica claro que os desafios ainda existem e que há muito o que ser feito. A carência de integração da formação superior com as necessidades da indústria se mantém atual e, neste sentido, observa-se que as vertentes definidas como diretrizes da Firjan buscam aumentar esta integração.

O PEBIM, entretanto, como pode ser visto na Tabela 2, chega apenas até o Estágio 2, tendo que ter seu desenvolvimento ampliado até o Estágio 3, que abarca níveis de maturidade mais elevados. A Capacitação Executiva e as ações de Políticas Públicas, ainda em estágios iniciais, precisam de ações afirmativas para que seus objetivos sejam atingidos, o quanto antes.

Assim, fica clara a necessidade de que a atuação em favor da difusão BIM continue a ser desenvolvida de modo a alcançar estes *gaps* e colaborando para a capacitação da mão de obra em todos os níveis, nesta temática. Isto para que o objetivo principal, da Firjan, traçado em 2013, seja posto em prática, de forma efetiva, contribuindo, desta forma, para o desenvolvimento, modernização e digitalização, do setor da Construção Civil no estado do Rio de Janeiro.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Max L.V.X; RUSCHEL, Regina C. *Building Information Modelling (BIM)*. In: KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; MOREIRA, Daniel C.; PETRECHE, João R. D.; FABRÍCIO, Márcio M. (Orgs.). *O Processo de Projeto em Arquitetura*. São Paulo: Oficina de textos, 2011. P 421-441.
- EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. *Manual de BIM [recurso eletrônico]: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção para Arquitetos, Engenheiros, Gerentes, Construtores e Incorporadores*. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN), *Construção Civil: Desafios 2020*, Rio de Janeiro, FIRJAN, 2014. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/construcao-civil.htm#pubAlign>>. Acesso 26 de agosto de 2018
- FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO (FIRJAN), *Relatório Técnico de Estudo de Tendências Tecnológicas na Indústria de Construção Civil no segmento de edificações*, Rio de Janeiro, FIRJAN, 2013. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/construcao-civil.htm#pubAlign>>. Acesso 26 de agosto de 2018
- MAGALHÃES, Cristiane; SALGADO Monica. *O BEP na estruturação dos fluxos da informação na Construção*. 18º Conferencia Internacional da LARES. In: *Anais...* São Paulo, 2018.
- MELHADO, S. B. *Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios*. São Paulo. 2001. Tese (Livre - Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- SUCCAR, Bilal. *Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. Elsevier, *Automation in construction* 2009, University of Newcastle, Australia, 2008 – p357-375.
- SUCCAR, Bilal. *Episode 17: Individual BIM Competency*. *BIM Think Space*. 2012. Disponível em: <http://www.bimthinkspace.com/2012/08/episode-17-individual-bim-competency.html>. Acesso 26 de agosto de 2018

## 7. AGRADECIMENTOS

À Firjan e seus colaboradores, ao PROARQ (Programa de Pós-Graduação em Arquitetura), à UFRJ e aos colegas e integrantes do Grupo de Pesquisa: GEPARQ - Gestão de Projetos.

# 5

## **Vivienda: innovaciones, Net Zero.**

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## EMPREGO DE OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA ONU NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÃO SOCIAL

Maisa Carvalho ([maisa.carvalho@ufms.abea.arq.br](mailto:maisa.carvalho@ufms.abea.arq.br)); Gabriel Gonçalves ([gabrielgoncalves\\_arq@yahoo.com.br](mailto:gabrielgoncalves_arq@yahoo.com.br)); Andrea Yuba ([naguissa@gmail.com](mailto:naguissa@gmail.com))

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul / EMHA - Agência Municipal de Habitação - Brazil

**Palavras chave:** Campo Grande, habitação de interesse social, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

*A Ação Casa Pronta, realizada pela prefeitura municipal em parceria com o governo estadual para a construção de casas de antigos moradores da favela Cidade de Deus II, Campo Grande (MS), está sendo executada com objetivo de, além de garantir a entrega das unidades habitacionais, inserir os beneficiados no mercado de trabalho. Esta pesquisa analisa os conflitos inerentes à introdução de práticas mais sustentáveis através da gestão de órgãos públicos a fim de solucionar o problema habitacional do município. Essa análise é apresentada em termos de contexto, princípios empregados na ação, análise da correspondência com os ODS e generalização das ações. A rigor, não existe relação entre modelo e resultado, porém os ODS explicitamente orientam criar soluções criativas de forma a compor questões de desenvolvimento sustentável.*

### 1. INTRODUÇÃO

O constante surgimento de favelas nas periferias urbanas é decorrente, sobretudo, do déficit habitacional. Segundo Milton Santos (1998), a desigualdade socioespacial é formada por um conjunto de possibilidades que articulam o projeto atual e o futuro. Ou seja, é preciso enxergar além do presente. Ele entende o espaço social como um sistema de objetos e ações indissociáveis, conduzido pelos principais atores da sociedade.

Com isso, o trabalho da Agência Municipal de Habitação – EMHA, em conjunto com a Fundação Social do Trabalho – Funsat, e a Agência de Habitação do estado do Mato Grosso do Sul – AGEHAB, no processo de reinserção dos antigos moradores da então favela “Cidade de Deus II” em uma nova região do município de Campo Grande, desenvolveu-se a partir de uma proposta de integração multisetorial para tratar de emprego e renda da população mencionada, meio ambiente e regularização da área com projeto “Ação Casa Pronta” que contempla prioritariamente quatro dos princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS.

O projeto prevê unidade habitacional para 328 famílias (cerca de 1.040 pessoas) em quatro novas regiões da cidade (Vespasiano Martins, Jardim Canguru, Bom Retiro e José Teruel). A Ação Casa Pronta iniciou o projeto pelo bairro Bom Retiro, com a capacitação em cursos técnicos de construção civil dos primeiros 160 participantes para trabalharem na execução de suas próprias casas, supervisionados por técnicos da AGEHAB, Funsat e EMHA. A intenção de qualificar a comunidades para a construção das casas tem como intenção auxiliá-los a se reinserir na sociedade profissional e trabalhista após o término do programa, uma ação sustentável com princípios dos ODS.

## 2. OBJETIVO

Este artigo, portanto, visa analisar o atendimento da Ação Casa Pronta aos princípios de sustentabilidade no desenvolvimento socioambiental das famílias atendidas durante a fase de construção das casas.

## 3. MÉTODO

Para alcançar o objetivo, a pesquisa se deu por meio de um estudo de caso sobre a Ação Casa Pronta, conduzida no município de Campo Grande, MS e operacionalizados pela EMHA, FUNSAT e AGEHAB. E consiste em 4 etapas:

- Descrição do contexto do Projeto: identificação e caracterização histórica da favela Cidade de Deus II, junto aos fatores preponderantes de implantação de seus empreendimentos;
- Descrição dos princípios contemplados pela ação (e suas justificativas): “erradicação da pobreza”; “educação de qualidade”; “igualdade de gênero”, e “trabalho descente e crescimento econômico”.
- Perspectiva de generalização das ações e adesão de novos ODS no planejamento das ações de habitação social

## 4. RESULTADOS

### 4.1. O projeto “Ação Casa Pronta”

Quando criada, a Agência Municipal de Habitação - EMHA foi concebida com a missão de combater o déficit habitacional, transformando a cidade de Campo Grande/MS em um espaço mais paritário, aumentando o acesso da população à terra urbanizada e a moradia. Atualmente, percebe-se a necessidade de se adequar desde o planejamento habitacional, à mobilidade e integração das famílias com o bairro existente, levando em consideração a sustentabilidade social.

Na década de 80, a urbanização acelerada de Campo Grande não coincidia com a estrutura econômica do estado de Mato Grosso do Sul, centrada em políticas agropecuárias e na introdução da agroindústria. A cidade de Campo Grande sofreu pelo planejamento de leis e normas habitacionais, especialmente de uso, ocupação e parcelamento do solo que não eram condizentes com a política econômica de crescimento populacional. O planejamento era calcado em um sistema tecnocrático, com ausência de diretrizes desenvolvimentistas que sustentassem às necessidades habitacionais executadas com recurso público.

O governo do estado, através da COHAB, determinou a construção de conjuntos habitacionais em periferias da cidade, sendo um deles situado além do perímetro urbano (Moreninhas, com mais de 4 mil casas e 22 mil habitantes). A localização perimetral dificultava o acesso à infraestrutura urbana, promovendo a marginalização dos moradores o que culminou na criação de um sistema organizacional administrativo próprio.





Figura 1 - Localização da Favela a partir do Centro da cidade e perímetro urbano

Assim, a favela “Cidade de Deus II” esteve localizada, mais precisamente, em uma área da porção sudoeste da cidade, que é destinada como área de preservação ambiental e faz parte do “cinturão verde” ao redor do aterro municipal. Este aterro foi fonte de renda para a uma parcela significativa dos moradores da favela, que atuaram como separadores de recicláveis, trabalhando com o Consórcio CG Solurb, empresa responsável pela gestão dos resíduos sólidos. Outra parcela desse público busca seu sustento em “serviços gerais”, atuando como carpinteiro, ajudante de pedreiro, entregador, entre outros.

A área da favela está próxima ao encontro de dois córregos da cidade, Anhanduí e o Formiga, sendo que o primeiro foi constatado, pelo projeto Córrego Limpo, como sendo o curso d’água mais poluído do município. Por meio deste projeto, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMADUR) monitora 96 pontos dos 33 córregos urbanos que cortam a cidade, segundo o website Águas de Guariroba, 2018)



Figura 2 - Imagem aérea (2006) da localização da Favela a partir de marcos geológicos e construtivos

Fonte: Earth, Google. Legenda: Em verde: Córregos Anhanduí e Formiga; em preto: Avenida Zilá Corrêa Machado; em cinza: vias locais do Bairro Lageado; em roxo: aterro municipal; em laranja: implantação favelas Cidade de Deus I e II. E no mapa menor, a localização do Bairro Lageado em relação à região Central.

Dessa forma, cria-se uma situação de fronteira que se expressa por intermédio do conflito de estar fisicamente na cidade e não usufruir de sua plenitude, uma vez que a necessidade de uso está submetida às condições de apropriação ditadas pela lógica da propriedade privada. Essa lógica, por sua vez, diferencia o acesso à cidade e determina a necessidade de habitar um lugar de forma mais ampla, redefinindo o próprio sentido da vida (MARIN, 2009, p. 6).

Uma análise da favela é sobre sua forma e tempo de apropriação do espaço, agregando conflito ao conceito de fronteira da cidade. Sendo este um conflito socioespacial definido a partir das relações de propriedade impostas pelos limites de uso e, dentro desta lógica, os moradores das favelas são as vítimas de um sistema dominador, criado para dar legitimidade à instituição jurídica da propriedade privada da terra (MARIN, 2016). Assim, os primeiros barracos da favela “Cidade de Deus” foram erguidos entre 2008 e 2009 com 196 famílias. Estas foram contempladas com unidades habitacionais em localização limdeira a antiga favela, através da EMHA, e até o final de 2014, em uma segunda ocupação, a mesma favela chegou a ter 470 famílias (DUARTE, 2005).

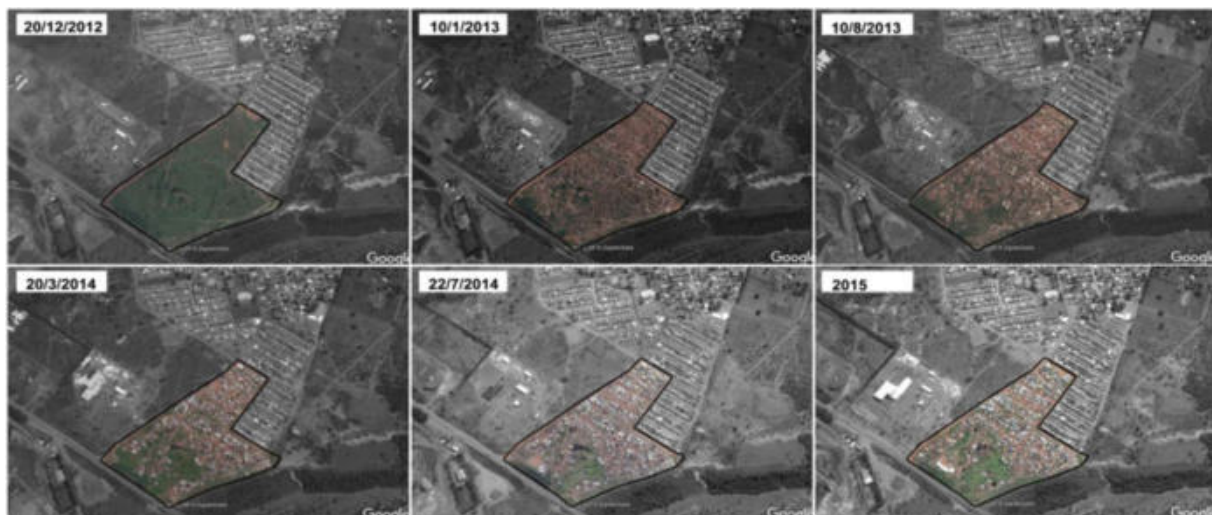


Figura 3 - Histórico de implantação dos barracos na favelas Cidade de Deus II

Fonte: Earth, Google

A irregularidade fundiária é um dos fatores do surgimento de favelas. Os moradores não são proprietários da terra assentada e, em geral, são terras sem uso precedente, que concernem ao Estado ou a proprietários particulares (LAGO, 2003). Segundo Wirti e Bernadelli (2015), o aparecimento das favelas é resultado das contradições sociais provenientes da sociedade de classes, da mercantilização da terra e da especulação imobiliária, criando abertura para a população abrigar-se em espaços precários. O aspecto que compõe a paisagem da favela “Cidade de Deus” é estereotipado, composto por casebres construídos com: lonas, placas, madeiras, plástico, tijolos, telhas, enfim, materiais de refugio, sem tecnicidade.





Figura 5 - Barracos da favela Cidade de Deus II (2006)

Fonte: Arquivos internos da EMHA. Figurantes: funcionários EMHA.

Na favela Cidade de Deus, as casas eram dispostas de maneira improvisada e o suprimento energético e de água não tinha padronização. A região sofreu atuações de organizações não governamentais e governamentais, com serviços de educação, saúde, assistência social e geração de renda, bem como por intermédio de representação comunitária e parcerias (LEMOS; SANTOS; DAVID, 2012).

São justamente essas questões de moradia, geração de renda e acesso à infraestrutura urbana, que motivaram o presente estudo a colocar a Ação Casa Pronta em discussão. O objetivo geral do projeto Ação Casa Pronta, iniciado em 2017 pela EMHA em parceria com a FUNSAT e Governo do Estado, é o reassentamento dessas famílias que viviam em condições subnormais de vulnerabilidade social, para reassentá-las em ambientes dignos, inclusivos, resilientes e sustentáveis. Para isso, os princípios da Ação se desenrolam em: a) construção de moradias com infraestrutura adequada; b) capacitações técnico-profissionalizantes dos reassentados nas diversas áreas de construção civil; c) fornecimento de bolsa-auxílio (um salário mínimo e uma cesta básica ao mês) para cada participante; d) capacitações dos instrutores da Fundação Social do Trabalho (FUNSAT).

O público-alvo do projeto é composto por 328 famílias (cerca de 1.040 pessoas), que estão sendo beneficiadas de forma direta. O perfil desta demanda é: 57,82% dos chefes de família são mulheres; 53,69% possuem entre 18 e 35 anos de idade e apenas 8% tem acima de 59 anos; em relação ao número médio de crianças até 12 anos por família, os que tem 1 (uma) é o maior percentual e chega a 43,75% e o total delas é de 192; o mesmo acontece com a representatividade dos adolescentes, 60% possuem 1 (um) por família. O estado civil está dividido em 45% solteiros e 42% entre casados e união estável, existe um equilíbrio nas quantidades de pessoas que residem no imóvel, sendo o maior percentual de 3 pessoas (33,84%) e o menor 14,19% com 4 pessoas. O nível de escolaridade dos chefes de família com maior percentual de nível fundamental é de 69,75% e 8 pessoas analfabetas, dos dependentes 29,42% estão na educação infantil e 55,19% no ensino fundamental. Em relação as questões sociais e econômicas, a maioria dos chefes de família, 49,51% estavam desempregados, embora 72,54% alegam ter renda familiar de 1 salário mínimo (R\$: 954,00) e 43,77% receberam benefícios sociais.

O processo de reassentamento das famílias desdobra-se a partir de uma caracterização e análise da demanda apta ao enquadramento de interesse social. Após a identificação e análise das famílias, foram parametrizados critérios de agrupamento das mesmas, segundo

a disponibilidade de lotes. Mais da metade das famílias, 61,06%, permanecerão em áreas contíguas à favela. As outras 38,94% assentadas em lotes disponíveis na Região Urbana do Segredo, o bairro Bom Retiro. Das 390 famílias, sobre as quais foi realizado o cadastro social, 96 famílias não se enquadraram nos critérios, pois algumas já haviam sido beneficiadas e outras não foram encontradas. Desta forma, restaram 294 famílias em acordo com os critérios de atendimento.



Figura 9 - Mapa de localização da vila Bom Retiro

Fonte do autor. Mapa de localização da vila Bom Retiro em comparação com a ocupação Cidade de Deus em relação a distância ao Centro de Campo Grande.

Em seguida, foram realizadas sistematizações dos dados coletados para caracterização socioeconômica da demanda e concluiu-se que 185 famílias (coletoras de lixo, idosos, com deficiência, com filhos) ambos permanecerão na mesma Região Urbana (Canguru e Vespasiano Martins), enquanto as 109 famílias restantes serão assentadas na Região Urbana do Segredo. Na vila Bom Retiro, distante 17,5km da favela Cidade de Deus II, serão assentados 120 lotes com disposição de equipamentos públicos viáveis, os quais são capazes de atender o restante da demanda dos moradores.

#### 4.2. OS ODS

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, formados a partir da concepção de sustentabilidade discutida na reunião da ONU, entre Chefes de Estado, de Governo e de altos representantes da Organização das Nações Unidas, em 2015, são abrangentes e servem como metas para a transformação da sociedade. Reconhecendo o desenvolvimento sustentável com três dimensões: econômica, social e ambiental (SACHS, 2008) e que a erradicação da pobreza, em todos seus sentidos, incluindo a pobreza extrema, é a questão mundial mais urgente e uma estratégia indispensável para o desenvolvimento da sustentabilidade global, o artigo analisará a Ação Cidade de Deus II a partir de quatro desses princípios.

Segundo os ODS, é um direito humano o desfrute de um padrão básico de vida, inclusive através de sistemas de proteção social. Outra questão abordada é a igualdade de gênero e o empoderamento das mulheres, sendo tratado como essencial para a evolução social: desenvolver a capacidade humana dentro de critérios sustentáveis não é possível se parte da sociedade não goza de seus direitos humanos e oportunidades. Mulheres e meninas

devem usufruir do acesso à recursos econômicos, educação de qualidade e participação política, assim como a igualdade de oportunidades com os homens e meninas em termos de emprego, liderança e tomada de decisões em todos os níveis (Agenda 2030, 2015).

É irrepreensível às pessoas, independentemente do sexo, sobretudo às que estão em situação de vulnerabilidade, o acesso à aprendizagem profissional que as auxilie a capacitarem-se para participar plenamente da sociedade. Nesse contexto, o avanço econômico inclusivo e sustentável é imprescindível para a progresso. O processo de desenvolvimento sustentável proposto pela ODS pretende construir economias mais dinâmicas, com soluções inovadoras e centradas nas pessoas, promovendo a ocupação dos jovens e a promoção econômica das mulheres em particular, por meio de trabalho decente.

Os ODS explicitamente orientam todos a inovar com criatividade para compor soluções às questões de desenvolvimento sustentável. Segundo informações do website da ONG Plan International Brasil, este plano foi acordado pelos governos, mas o seu êxito depende então somente das ações e colaboração de todos os setores. Esta é uma oportunidade para que as soluções e tecnologias empresariais sejam geradas e efetivadas para tratar de questões regionais, locais ou mundiais sobre sustentabilidade. Na medida em que os ODS formam a agenda global para o desenvolvimento das nossas sociedades, eles permitirão tanto a minimização dos impactos maléficos como a maximização dos impactos benéficos na sociedade e planeta, cobrindo uma ampla gama de tópicos de sustentabilidade – tais como pobreza, saúde, educação, mudanças climáticas e degradação ambiental.

Os ODS substituíram os ODM (Objetivos de Desenvolvimento do Milênio), ampliando os desafios para a erradicação da pobreza e incorporando uma diversidade de tópicos correlatos, variando nas dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade. Os ODS baseiam-se em dados substantivos de uma ampla variedade de setores da sociedade ao redor do mundo. Somente no Pacto Global das Nações Unidas, em torno de 1.500 empresas disponibilizaram dados e informações. Os objetivos são genéricos, aplicáveis de forma análoga nos países com diferentes economias. Espera-se que os governos os apliquem em políticas e ações, adaptando-as às diversas capacidades e problemáticas que os seus governos enfrentam. Os ODS são planejados para reunir uma extensa gama de organizações e formar prioridades e ambições para os esforços de desenvolvimento sustentável em torno de uma estrutura comum.

#### **4.3. A relação dos ODS com a Ação Casa Pronta**

Não foi a problemática da Cidade de Deus II que articulou condições para a implementação da Ação Casa Pronta, mas o oposto, pois a Ação surge como uma plataforma de atuação política que pretende pulverizar práticas semelhantes na cidade. No entanto, a vitalidade das propostas, quando inseridas no cotidiano das práticas regionais e absorvidas por programas públicos, parece criar alterações de âmbito social dentro da comunidade. Por exemplo, é frequente a alteração do posicionamento pessoal e subjetivo das mulheres no contexto do grupo em função da oportunidade de igualdade de gênero proposto pela Ação e, por conseguinte, perante o grupo social do qual pertence: nas maneiras de se relacionar com seu companheiro – ou de parar de relacionar, de articular-se como profissional ou mesmo de ser independente de outrem.

Como uma estratégia ao princípio dos ODS de erradicação da pobreza e ao desenvolvimento econômico da população em vulnerabilidade social, foi aderida à Ação Casa Pronta o projeto de reinserção dos moradores na sociedade econômica através da capacitação dos mesmos na construção civil.





Fonte: website Campograndenews, fotografia de Anahi Gurgel.

Essa estratégia também integra o princípio de educação de qualidade à população beneficiária. O curso foi oferecido pelo município, sendo que a capacitação, durante o período de construção das casas, disponibilizou aos moradores uma bolsa relativa a 1 (um) salário mínimo, com cesta básica e 2 (dois) passes de transporte coletivo diários enquanto trabalham como mão de obra na construção das suas casas. Até esse momento, apenas a vila Bom Retiro começou a execução das casas.

São justamente esses aspectos que definem o caráter da Ação Casa Pronta e delineiam suas especificidades, entretanto é necessário ressaltar como a administração pública desenvolve a ação/mutirão, contrapondo-se aos atuais modelos de condução dos programas habitacionais. Estes, com regras pré-estabelecidas, apenas geram produtos, excluindo os demais atores e os beneficiados do processo. Enquanto a Ação gera produtos além de abarcar estratégias mais sustentáveis de acordo com os princípios dos ODS.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perspectiva de generalização das ações e adesão de novos ODS no planejamento das ações de habitação social

De qualquer forma, é possível afirmar que a Ação Casa Pronta é capaz de promover melhor qualidade de vida para essa população após o término do programa, pela relação que esta tem com os princípios dos ODS. No entanto, a rigor, não parece existir qualquer determinação entre modelo e resultado, este depende da instrução e condução do processo, da capacidade organizacional do agente condutor da Ação, da existência de assessoramento técnico, disposição e infraestrutura institucional instalada para a gestão partilhada de recursos. Este projeto de capacitação dos beneficiados, terá replicabilidade em outras três regiões da cidade onde foram pré-estabelecidas para o restante dos moradores da antiga favela Cidade de Deus II. Entendendo também que ações públicas semelhantes podem ser reaplicadas em situações diversas de acordo com a realidade institucional e a necessidade local, abrindo novas oportunidades de adoção de outros ODS.

## 6. CONCLUSÕES

Algumas considerações levam ao amadurecimento das principais questões suscitadas pela pesquisa que busca indagar se a Ação Casa Pronta é um êxito quanto ao desenvolvimento social e econômico sustentável da comunidade beneficiada. Se o argumento for massificação da produção, o projeto não atende: trata-se de uma prática que demanda uma base qualificada para assumir processos específicos de produção habitacional; se a avaliação for pela qualidade, alegando que o processo analisado atribui maior qualidade ao produto final, as organizações de assessoria técnica em conjunto com o trabalho da mão-de-obra levam o mérito. Dessa forma, há de se esperar o mesmo trabalho nas outras regiões definidas para a regularização fundiária e edificação dos moradores da antiga favela Cidade de Deus II.

Assim, se o objetivo do agente condutor da Ação é produzir moradia de qualidade e ascensão econômica e social para seus beneficiados – e se também é objetivo do governo mediar condições para que esse projeto se realize, então, coadunando objetivos, estabelece-se um padrão de relação entre o agente condutor e a mão-de-obra, diferentemente do procedimento anterior que era uma relação entre Capital e o governo: o objetivo de uma empresa concessionária é o lucro, e o governo concede o direito de explorar comercialmente uma atividade originalmente estabelecida sob sua custódia. Portanto, em uma gestão partilhada não existe a “terceirização”, e a administração dos recursos investidos na produção propõe princípios auto gerenciários de benefícios sustentáveis. Isto é, trata-se de um partilhamento fracionado de poder, e não de uma parceria privatista de um poder centralizado.

Portanto, o fortalecimento da relação da Ação Casa Pronta com os ODS é correlato à relação das ações do governo com a sociedade. O projeto renova as práticas do município no tratamento do recurso investido e a demanda habitacional, gerando renda futura aos beneficiados ao capacitá-los em sua inserção no mercado de trabalho, provendo-lhes capacitação técnica e exercício na profissão. Desta forma entende-se o processo de qualificação de mão de obra na construção civil como colaborador para erradicação de desafios sociais, econômicos e ambientais por promover melhores práticas de construção e aumentar a vida útil das edificações. Com o desenvolvimento desse programa é possível estabelecer mudanças nas metas de programas de habitação social, aderindo novos objetivos sustentáveis como fatores de decisão de planejamento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUARTE, J. A. M. *Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação*. São Paulo: Atlas, 2005.
- LAGO, L. C. *Favela-loteamento: reconceituando os termos da ilegalidade e da segregação urbana*. *Cadernos Metrópole*, n. 9, p. 119-133, 2003.
- LEMOS, E. M.; SANTOS, S. R.; DAVID, C. M. *Os Trabalhadores no Lixão de Campo Grande, Estado de Mato Grosso do Sul, MS*. In: *VI Seminário O Trabalho em Debate*, 2012, Franca, SP.
- MASCARÓ, Lúcia (Coord.). *Tecnologia e arquitetura*. São Paulo: Nobel, 1989.
- *HABITARE*. Editores Adauto Cardoso e Alex Abiko. *Procedimentos de gestão habitacional para população de baixa renda*. ANTAC, 2006
- SACHS, I. *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. 3. Ed. São Paulo: Garamond, 2008.
- WIRTI, D. H. M.; BERNADELLI, M. L. F. *A favela Cidade de Deus em Campo Grande-MS: Gênese, conflitos e a negação do direito à moradia*. Campo Grande: UEMS, 2015.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## TECNOLOGÍA Y MATERIALES PARA EL CERRAMIENTO EN LA VIVIENDA POPULAR

*Gabriel Cacopardo (cacopardogabriel@hotmail.com); Patricio Freire (patriciogabriel\_f@hotmail.com); Isaac Melian (joseisaacmelian@gmail.com); Rodolfo Rotondaro (rodolforotondaro@gmail.com); Mariana Camino (marianacorrecamino@gmail.com)*

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET); Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Humanidades, Departamento de Geografía (UNMDP) - Arg.

**Palabras clave:** Tecnologías de inclusión social, Hábitat popular, Vivienda popular progresiva, Muro de árido vertido.

*El propósito de esta investigación es analizar el desarrollo de tecnologías de inclusión social con un trabajo de base territorial para el mejoramiento habitacional en barrios periurbanos de la ciudad de Mar del Plata, Argentina. Partimos del concepto de vivienda progresiva, que propone el desarrollo de un sistema constructivo que sentará las bases en el territorio para la aplicación de diferentes técnicas constructivas e intercambio de saberes, populares y especializados, enmarcado dentro de un modelo de gestión participativa. El objetivo principal es diseñar y producir alternativas de desarrollo tecnológico para la construcción de viviendas y edificios comunitarios con énfasis en la práctica territorial, a partir de experimentar elementos para el muro de envolvente y la estructura portante con distintas técnicas constructivas. La metodología tiene en cuenta el análisis descriptivo y comparativo de las soluciones constructivas existentes en los barrios, y el diseño y construcción de prototipos experimentales. La información se obtiene a partir de antecedentes bibliográficos, del intercambio con otro grupo de investigación, del análisis del territorio de intervención y los datos del diseño y construcción de modelos. Se realizan entrevistas no estructuradas para evaluar la aceptación y la apropiación de las innovaciones. Los resultados obtenidos incluyen la construcción co-participativa de distintos prototipos que comprenden el soporte estructural metálico y distintas alternativas de muro de envolvente (bloques de áridos, muro de tierra vertida con mortero mixto). Otros resultados importantes lo constituyen el logro de la gestión participativa de gestión participativa con familias y las situaciones de transferencia informal. Se elaboraron conclusiones a partir de los principales resultados obtenidos en referencia al diseño y construcción del muro de árido vertido.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Esta presentación tiene como propósito el desarrollo de alternativas de cerramientos para vivienda popular en un marco de tecnologías de inclusión social (TIS). Se propone este avance en el diseño y construcción de un elemento de muro envolvente con una experiencia en tecnología de tierra vertida <sup>87</sup>en articulación con la concepción y práctica de vivienda progresiva. Por ello a continuación citaremos referentes y antecedentes que sirvieron de base para este trabajo, tanto en campo de las TIS como en la tecnología de muro.

---

<sup>87</sup> Los recursos para la construcción de las matrices fueron obtenidos gracias al proyecto de voluntariado “el movimiento no miente” (tierra vertida), convocatoria 2016 de la Secretaría de Políticas Universitarias. Dirección: Mariana Camino. Depto. de Geografía, Facultad de humanidades e Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEyN, UNMdP.

Las experiencias de la red de tecnologías sociales en Brasil (Dagnino et al, 2004) y sus articulaciones con la Universidad Nacional de Quilmes en Argentina (Thomas, 2009), la producción de la Universidad Nacional de Córdoba (Peyloubet, 2012) y, entre otros, nuestros antecedentes en la ciudad de Mar del Plata. El programa Hábitat y Ciudadanía, de la UNMdP, promotor y co-constructor de la experiencia analizada en los barrios Monte Terrabusi, Nuevo Golf y Las Dalías, con la propuesta de un modo de gestión con base territorial que vincula hábitat popular y la promoción de emprendimientos (Cacopardo et al, 2007, 2013).

En el campo del hábitat popular, son pioneros los trabajos de Víctor Pelli desde el Instituto de Investigación y Desarrollo en Vivienda de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Nordeste (FAU-UNNE) (Pelli, 1997), otro ejemplo más actual, de aplicación de un modelo de gestión alternativo descentralizado, que permitió crear un circuito productivo inter-actoral y una tecnología con fuerte base territorial, es el proyecto de investigación-acción de Villa Paranacito, en Entre Ríos (Peyloubet et al, 2010).

Las posturas alternativas se diferencian de los modelos de gestión instituidos, verticalistas, con decisiones políticas transferidas al territorio sin el accionar de los actores involucrados. En ese sentido, no consideran las características del contexto y de sus habitantes. Se centra la atención en los trabajos ejecutados, el tiempo y la inversión realizada, con un enfoque de resultado cuantitativo y en una lógica dirigida a la obtención de productos como la “vivienda terminada” o “llave en mano”.

En el marco de este trabajo, producto del análisis de las lógicas de crecimientos a pequeñas dosis en el mundo popular, el concepto de vivienda progresiva es el que más aproxima a las formas de habitar y el más abierto para crear condiciones de posibilidad para la participación y la autogestión.

Dentro de esta concepción interesa pensar alternativas al problema del cerramiento.

### **1.1. Concepción vivienda progresiva: antecedentes**

La vivienda progresiva es entendida como una estructura abierta que va transformándose a lo largo del tiempo. En América Latina las realidades económicas y las dinámicas de las familias de escasos recursos, son las que determinan la inversión paulatina para completar la vivienda de un modo progresivo. En definitiva, se trata de ofrecer mayor calidad de vida a largo plazo, y mayor flexibilidad para adaptarse a la dinámica familiar, sus posibilidades, sus necesidades y sus deseos, lo que según Enrique Ortiz (2007), podemos integrar dentro del concepto de “producción social de la vivienda”.

A continuación se comunican tres experiencias que apoyan esta idea de vivienda progresiva desarrollada en América Latina:

- a. *Las experiencias del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) en Córdoba, con la denominada “vivienda semilla”*. El CEVE propone la “vivienda semilla” (Gatani, 2013), que se compone de una tecnología no tradicional, abierta, que permite tomar decisiones de cierre a quienes accedan a ella. Sobre esta idea se desarrollan distintos sistemas constructivos, por ejemplo el sistema BENO, como el más difundido.
- b. *Carlos González Lobo en México y su idea de vivienda “gran galpón”*: se desarrolla en México y Nicaragua un concepto de vivienda progresiva que denomina “gran galpón”. Tipología de vivienda que posee mayor volumen que una vivienda en condiciones normales, pero con posibilidad de flexibilidad de uso en el tiempo y a un menor costo. A partir de lotes pequeños, opta por soluciones para la vivienda, utilizando tecnologías apropiadas - apropiables, que consideren futuros crecimientos. Se logra habitabilidad desde el principio, y hasta el término del proceso edificatorio. (González Lobo, 1998).



- c. *La Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) de Chaco, con la propuesta de “vivienda núcleo”*: implica un abordaje teórico sistémico, como instrumento de articulación urbana. Este sistema consiste en el conjunto de casa-terreno-red de servicios básicos-orden barrial. Todo el conjunto resultante es lo que constituye el “núcleo”. La teoría nuclear implica libertad máxima para el completamiento, ya que todas las decisiones quedan en manos del usuario, siendo de vital importancia una guía técnica durante dicho proceso.
- d. *Desde el Programa de Hábitat y Ciudadanía (PHyC) de la Universidad nacional de Mar del Plata, FAUD, con el denominado “Soporte para el Habitar”*: (fig. 1) comprende una estructura metálica prefabricada de perfiles C galvanizados, con bases, columnas y techo en un corto plazo, que permite el completamiento del cerramiento exterior junto a la familia y en un proceso de autoconstrucción asistida.

Se consideran en el proceso de construcción del soporte el *diseño modular e innovación tecnológica* en relación a la máxima eficiencia que evita desperdicios posibles y genera el mayor espacio interior; la *gestión-logística* pone en valor los recursos para materiales y mano de obra para el montaje de la infraestructura apropiada para el desarrollo de este sistema “soporte”, que emplea la estrategia de armado “in situ” que se adapta a realidades territoriales difíciles (accesibilidad, topografía, riesgo a inundación, etc.); el *transporte* requerido es de bajo porte y soluciona los problema de traslado de la estructura.

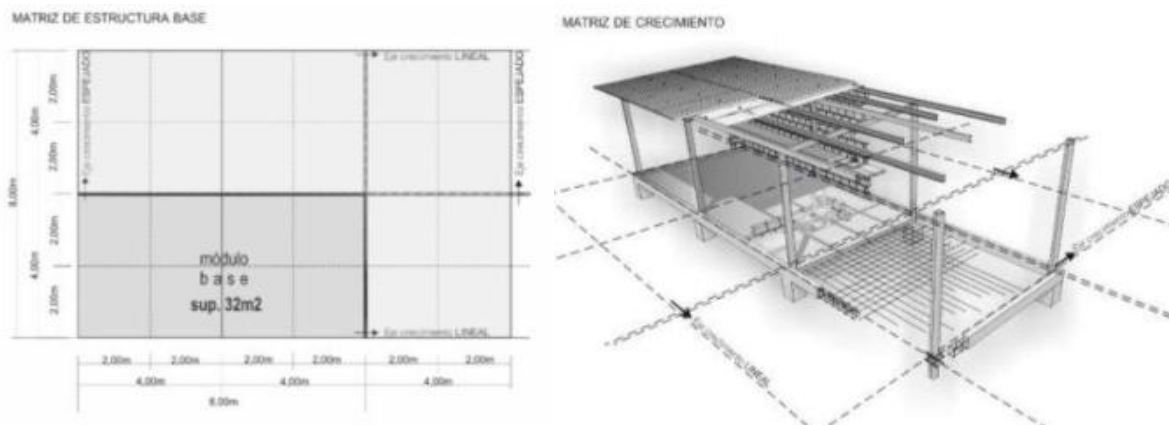


Figura 1. Soporte para el habitar

Por otra parte, la *mano de obra* requiere de una especialización media, es decir, conocimientos básicos de soldadura y manipulación de herramientas, específicas del sistema; la *autoconstrucción asistida* se realiza por parte de profesionales y voluntarios especializados, para el completamiento del cerramiento, donde en cada caso se toman distintas soluciones de tecnologías constructivas, según los recursos disponibles de la familia. La *aceptación social*, es de suma importancia ya que a partir de la experiencia en el territorio, percibimos buena aceptación por parte de los vecinos y la familia ya que el impacto que genera es progresivo, los vecinos colaboran en su construcción, indagan sobre las tecnologías y las técnicas empleadas, aprenden ciertos procedimientos constructivos propios del sistema, generando intercambio de saberes profesionales, técnicos y populares (en el marco de las TIS). Finalmente, se destaca la *flexibilidad* de este sistema prefabricado, que posibilita adaptarse a las infinitas situaciones territoriales. Aquí se plantean tres alternativas de estrategias y procesos aplicables: *a- Soporte nuevo*, de estructura base de piso, techo instalación sanitaria; *b- Soporte tipo cáscara o paraguas*, se da en situación de alto riesgo estructural, construyéndose por encima de lo existente, buscando eliminar los riesgos a corto plazo; *c- Soporte para ampliación*, el módulo base permite crecer en cualquiera de sus sentidos.

Como balance, la vivienda semilla que propone el CEVE pone énfasis en la vivienda como proceso progresivo, como producto tecnológico y con objetivo de transferencia masiva. La



vivienda “gran galpón” hace hincapié en la evolución de un gran espacio inicial que será concluido según las condiciones familiares a lo largo del tiempo y, por otra parte la vivienda nuclear de Pelli, tiene una postura sistémica, que trasciende la vivienda como producto y reconoce como prioritario a las “conexiones” de servicios de infraestructura, accesibilidades, inserción en la trama urbana e inclusión legal y cultural. El PHyC se sitúa en un modelo de gestión alternativo, que implica interacciones con procesos de diversa complejidad, entre la sociedad civil y con algunos segmentos del estado, con un abordaje del problema social desde el territorio, como parte de una red alternativa de cogestión y facilitador de procesos. Implica un modo acción con “participación concertada”, con presencia activa del grupo o sector destinatario de las acciones de transformación, con una concertación de intereses, conflictos y puntos de vista de los actores involucrados.

## **1.2. Tierra vertida: antecedentes**

La construcción con tierra tiene más de cinco mil años de antigüedad y está asociada a sistemas primitivos, la tierra es aún hoy objetivo de los investigadores que buscan el avance de la tecnología, para el desarrollo de sistemas constructivos innovadores caracterizados por la simpleza y el cuidado ambiental, la eficiencia y el bajo costo.

La construcción con tierra utiliza un material que puede ser producido a partir de la misma tierra excavada de la obra o terrenos circundantes donde se lleva a cabo la edificación, lo cual disminuye el transporte de material y consecuentemente su costo, es amigable con el medio ambiente por revertir un pasivo ambiental en recurso. En los últimos tiempos su interés se ha incrementado debido a su comprobada durabilidad con el número de construcciones antiguas de tierra que permanecen en pie después de milenios. Las construcciones sostenibles se logran utilizando fuentes naturales de tal forma que cumplan las necesidades económicas, sociales y culturales, sin agotar o degradar estos recursos (Revuelta-Acosta, J.D. 2010).

Se han realizado algunas comparaciones entre construcción convencional y con tierra en cuanto a los aspectos técnicos y ambientales. Algunos modelos de las construcciones propuestas han concluido que las construcciones de tierra dan la oportunidad a la gente de construir sus casas de una forma ecológica y económica, siendo posible aplicar estos métodos de construcción en ciudades orgánicas las cuales podrían ser fácilmente construidas, recicladas y transformadas si es necesario (Sargentis, G. 2009).

La tierra vertida es un término reciente se refiere a una mezcla dosificada de gravilla, arenas y limos, aglomerados por la arcilla. Se dice que es “estabilizada” cuando se le añade un compuesto (cal, por ejemplo) que mejora las cualidades del material (como la resistencia) (Doat, P., Hays, A., et. al 1990). La tierra vertida también es considerada un suelo en forma de lodo líquido pero conteniendo agregados arenosos, incluso hasta el punto de grava y puede desempeñar la misma función que el concreto magro (Houben y Guillaud 2005).

## **1.3. Desarrollo de la Experiencia**

El presente trabajo, desarrollará la tecnología de tierra vertida estabilizada para el completamiento del cerramiento vertical de un “soporte para el habitar”, en el barrio popular Nuevo Golf de la ciudad de Mar del Plata, Argentina, para una familia compuesta por un matrimonio y sus dos hijas, con el objeto de mejorar sus condiciones habitacionales. Coproducir tecnologías en el territorio, implica no solo efectivizar cultura y saberes populares de la construcción, sino también disponer de los recursos materiales existentes, en este caso, rocas y áridos. Este proceso de co-construcción, se llevó adelante a partir del trabajo de la Universidad Nacional de Mar del Plata, diferentes alianzas institucionales, jóvenes profesionales, voluntarios y en conjunto con la familia misma.

## 2. OBJETIVO PRINCIPAL

Aportar alternativas al desarrollo tecnológico ambientalmente sostenible, en pos del hábitat popular, a partir del completamiento de la envolvente vertical de un “soporte para el habitar”.

## 3. METODOLOGÍA

Desarrollo de tecnologías, materiales y componentes a partir de una idea integral denominada “Soporte para el habitar” (Cacopardo et al, 2016).

Hay dos órdenes de aspectos centrales que guían el proceso y que son constitutivos. Por un lado, variables de factibilidad socio-económica, los recursos posibles y potenciales y la participación de la familia en las decisiones. Por otro, la articulación de saberes empíricos propios de las lógicas constructivas populares y particulares de cada familia, con el conocimiento de carácter técnico-científico. Este último como control de calidad necesario basado en la comprobación y comparación de la calidad y utilidad de los desarrollos tecnológicos empleando protocolos e indicadores universalizados y aceptados dentro del campo de la construcción.

Cada tecnología refiere en forma sistémica a esta estructura. El desarrollo que se presentan en este artículo en relación a tecnologías, técnicas y materiales para el componente muro de tierra vertida o de morteros mixtos se han seleccionado a partir del grado de aceptación y participación en talleres de capacitación, replicabilidad por autoconstrucción lograda por los vecinos y la interacción de las redes de gestión.

Se aplicaran las siguientes tareas y métodos específicos:

- a. Análisis de la información y evaluación de antecedentes a partir de la búsqueda bibliográfica, la evaluación de cuadros, tablas, fichas técnicas descriptivas, mapas y entrevistas.
  - b. Diseño de la estructura metálica, y los elementos correspondientes a encofrados y moldes para muros, con criterios de estandarización de los procesos constructivos. Uso de software 2D, 3D.
  - c. Reuniones participativas con futuros usuarios y profesionales de distintas disciplinas.
  - d. Diseño de materiales, componentes, elementos y sistema constructivo.
- Estructura Metálica Soporte: modelo de uso de trabajo en taller, y montaje en territorio.
  - Muros: Técnica de tierra vertida en un encofrado desmontable, diseñado de acuerdo a variables que articulen con la estructura soporte y e idea de vivienda progresiva. Pruebas en taller para elección de técnicas y materiales. Apuesta innovativa a utilización de materiales accesibles en territorio.

## 4. PRINCIPALES RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1. Experiencia Barrio Nuevo Golf, Mar del Plata. Flia. Suárez

Aquellos aspectos de pobreza estructural ya mencionados, se evidencian en las condiciones en las que viven las familias del Barrio Nuevo Golf, asentamiento emergente en el marco de la crisis de los años 2001-2002. Ubicado entre los últimos barrios del ejido urbano y las tierras rurales al sur de la ciudad. Cuenta con, aproximadamente, 700 familias según la Dirección Social de Vivienda de la Secretaría de Planeamiento Urbano, de la Municipalidad de General Pueyrredón.

El Barrio Nuevo Golf, ubicado detrás del campo de Golf Club Mar del Plata, al Sur de la ciudad, en un borde entre los últimos barrios del ejido y las áreas rurales del Sur, está delimitado por la Av. de Circunvalación Mario Bravo y las calles 118, 100 y Cabo Corrientes.

Se accede a través de la continuación de la calle comercial Cerrito y su cruce con la Av. Mario Bravo, la cual continúa de mejorado de tierra y luego de las lluvias se torna de difícil accesibilidad por la gran cantidad de baches y charcos, producto de la falta de mantenimiento. (fig. 2). El trazado de las calles es irregular, y las calles internar presentan la misma problemática que Cerrito, a la que se suman la existencia de micro-basurales que agravan la accesibilidad. El asentamiento, surge con un ordenamiento popular espontaneo que “simula” la continuación de la trama urbana. Las características del hábitat y las viviendas presentan, carencias estructurales y de servicios esenciales de agua, desagües cloacales y gas, y la discontinuidad del transporte público. En sus expresiones más críticas se encuentran numerosas viviendas de chapa y madera, e estado de emergencia. Tomamos como base empírica la selección de la manzana perteneciente al barrio (manzana nº 60), como unidad de análisis territorial. Por otro lado, se estudia en cuatro cortes, el proceso en la parcela 15, de la mzn nº 60, perteneciente a la familia Suárez.

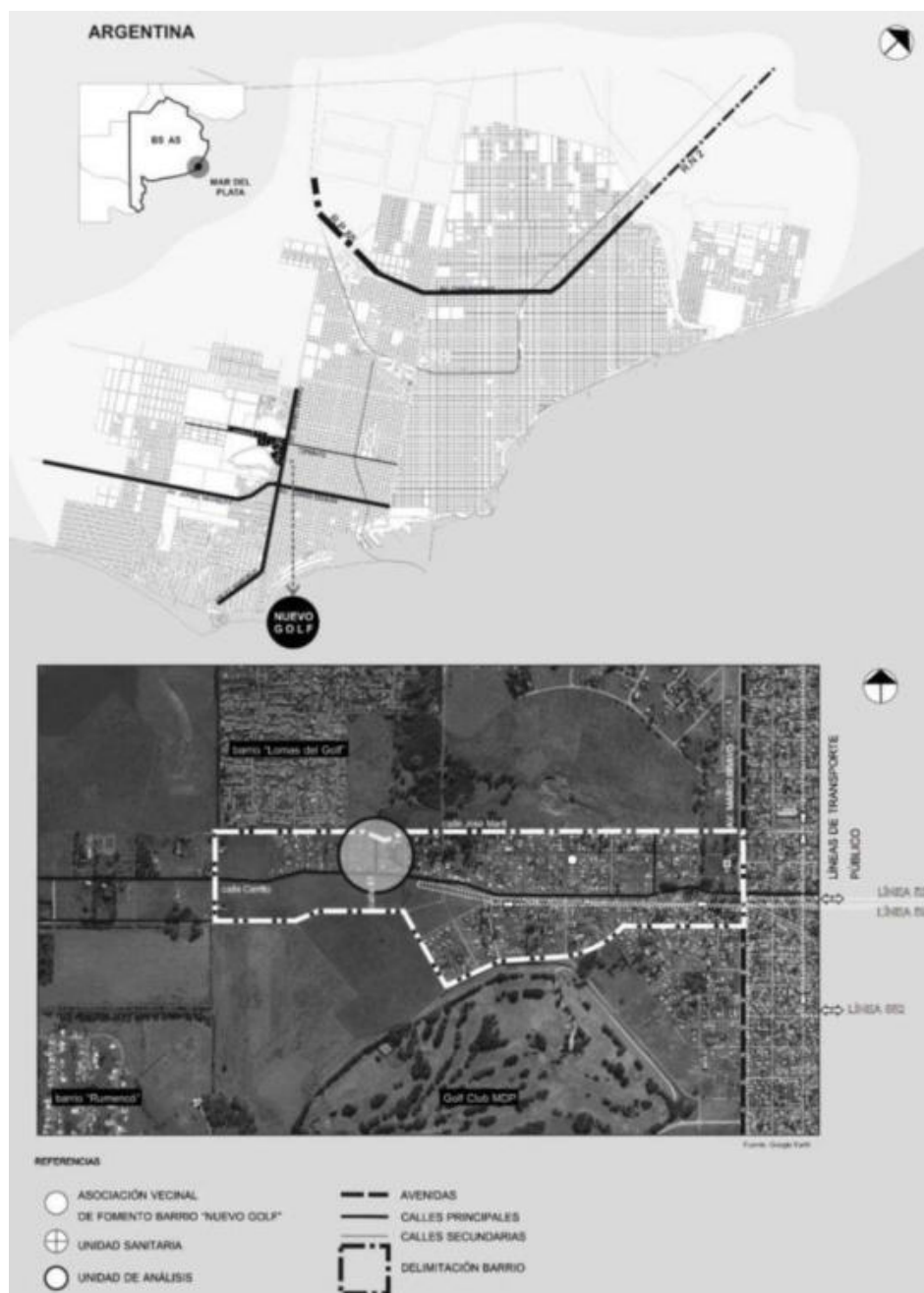


Figura 2. Localización en la ciudad y aproximación al barrio

La calle 81 (fig. 3), entre Cerrito y Gianelli congrega dos manzanas que tienen la particularidad de ser una zona en donde se realizaron (y se realizan) experiencias co-participativas, donde los vecinos se involucran activamente en los procesos, en los últimos años, apoyados y gestionados por el PHyC.

Las manzanas, en un 89% de ocupación de sus parcelas, se componen de viviendas en la mayoría de construcción precaria y/o casillas con cerramiento de chapa y madera. En la parcela 5 de la manzana 62 se observa el desarrollo de la Familia de Elisa Segovia, donde funciona el emprendimiento barrial de bloques cementicios.

En esta parcela se desarrolló un proceso progresivo de construcción de la vivienda de la familia, así como también en la génesis del emprendimiento socio-productivo. En la parcela 11 de la mzn 60, funciona el comedor comunitario “Dulces Sonrisas” y futuro salón cultural y educativo, co- gestionado por el programa y distintas instituciones. En este contexto, Maximiliano Núñez (20) en adelante (MN) y su familia formada por su mujer Jessica Suarez (20) en adelante (YS) y dos hijas de 2 y 4 años, es donde se han realizado intervenciones co-participativas de saberes técnicos y populares (equipo técnico, vecinos del barrio, instituciones, idóneos de la construcción, etc.). Ambos jóvenes nativos del barrio Nuevo Golf bajo un contexto de pobreza estructural (imposibilidad de acceso a educación, salud, vivienda, etc.).



Figura 3. Situación de la calle 81



#### 4.1.1. Proceso de desarrollo parcelario

En la figura 4, (año 2015) el lote 15 funcionaba como basural a cielo abierto. MN y JS lograron, junto a los vecinos, que pueda ser removido, eliminando así fuentes de enfermedades y plagas. Por otro lado, lograron la apertura de la intersección de la calle 81 y la calle Gianelli, aledaña a los montículos de desechos, para poder facilitar la circulación de las familias del barrio. El espacio donde vive la familia es una casilla construida con materiales recolectados por MN como chapas, maderas, lonas, cartones, etc. y se mantiene de forma precaria. La condición habitacional es sumamente deficiente y nociva para la salud. La ausencia de un piso seco y un baño es una situación frecuente en estos casos y por eso se ha trabajado de manera conjunta con esta familia, para mitigar de la situación de precariedad y generar un piso mínimo de habitabilidad.

*Etapa 1:* La ausencia de un baño en la casilla de la familia, impulsó al equipo de trabajo a obtener materiales necesarios para su construcción; por un lado, los bloques de tierra comprimida (BTC) destinados al tabique fueron realizados por la emprendedora asentada en la mzn 62, también beneficiaria del PHyC, Elisa Segovia (Cacopardo, et al. 2016) y ahora referente barrial por su desarrollo en la actividad. MN, paulatinamente, fue involucrándose personalmente en la producción de la bloquera, y formó parte del trabajo de campo que se realizó a partir de la tesis de grado de dos estudiantes de la carrera de Ingeniería.

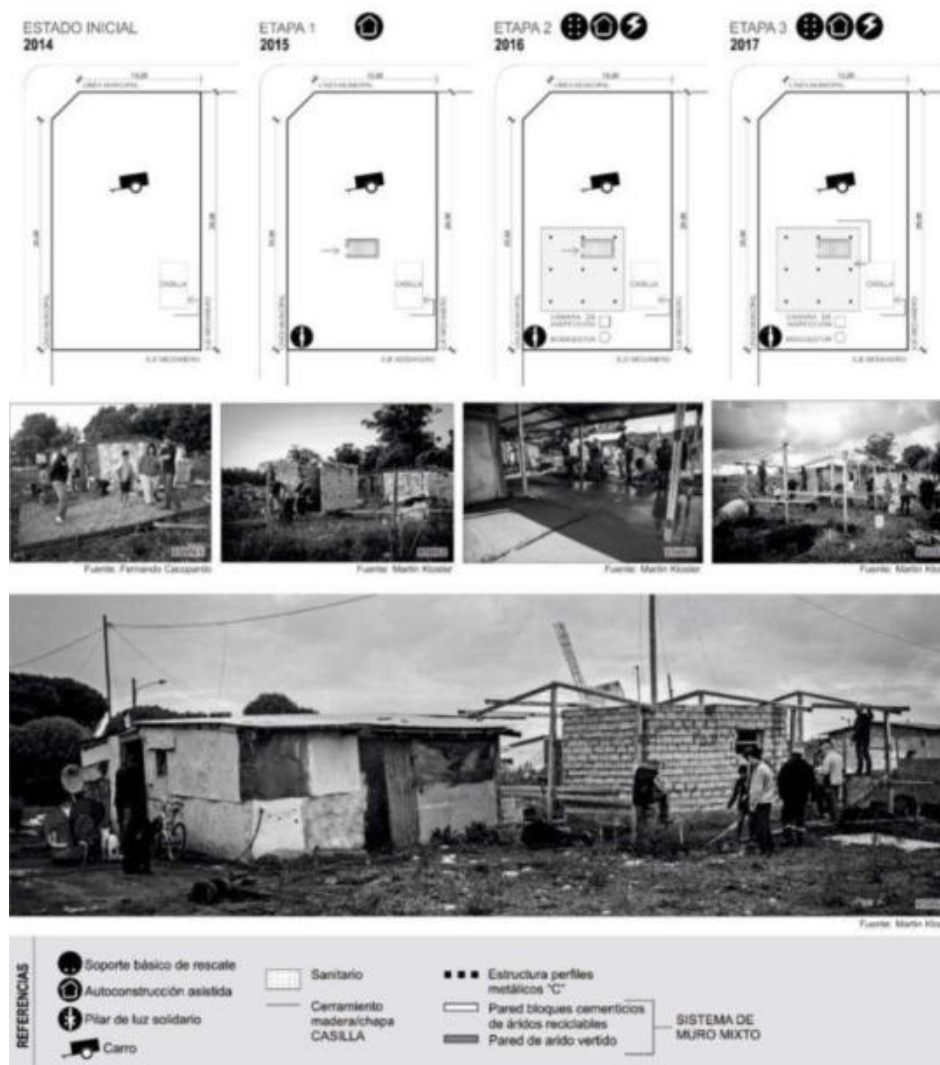


Figura 4. Proceso parcelario



Por otro lado, materiales como el cemento y el árido de cantera, necesarios para ejecutar el piso seco, fueron obtenidos mediante convenios con empresas privadas, como la cantera Yaraví S.A, ONG'S y Colegios Profesionales, y así con interacción multisectorial y de la familia, se logró construir el baño. Asimismo la familia, apoyada por vecinos, adquirió los recursos y mano de obra necesarios para las terminaciones en el interior del baño en este proceso de auto-construcción asistida. La familia dedicó jornadas de trabajo en el revoque de las paredes interiores, y un trabajo de mosaiquismo en la pared contigua al sector de ducha. Esta última tarea fue encarada personalmente por JS con la ayuda de una integrante del programa de investigación. A partir de dicha actividad, se evidenció un singular cambio en el modo de interactuar de JS para con el equipo y sus pares. Tomó y desarrolló un rol de mayor protagonismo en las siguientes etapas del proceso de construcción.

*Etapas 2:* Concluido el baño, y observando el impulso que la familia adquirió en su proceso de auto-construcción, se gestionaron los recursos para el soporte y la instalación de un pilar de luz social para conectarse a la red. Los recursos económicos fueron provistos por la convocatoria de voluntariado universitario -10ma edición, año 2015 - (de la Dirección Nacional de Desarrollo Universitario y Voluntariado), dirigida por el arquitecto Fernando Cacopardo y denominada "Hábitat para los Invisibles". Se accedió a la compra de los perfiles para la construcción de la estructura (columnas y vigas) del soporte habitacional. El soporte atravesó una etapa de diseño, en base a ciertos elementos existentes, como el baño y la ubicación de la casilla. La flexibilidad del sistema prefabricado, posibilita adaptarse a las infinitas situaciones territoriales, siempre optimizando recursos y materiales, los cuales tienen un rol fundamental a la hora del diseño y ajuste tecnológico.

El soporte para MN se desarrolló con 9 columnas y un techo a dos aguas, de perfilera metálica, a partir de la donación de 16 chapas galvanizadas de 3,50m, cubriendo un total de 7,00m x 8,00m. Este proceso llevó día 1, el armado en taller de la estructura metálica; día 2, el transporte y montaje in situ; y día 3, la colocación del techo.

En este caso, las bolsas de cemento las adquirió la familia y la mano de obra se ejecutó en forma conjunta con profesionales, voluntarios estudiantes, entre otros. La platea se ejecutó en una jornada de trabajo y entró en servicio a las 24 horas luego del fraguado. A través de distintas gestiones con la empresa privada OSSE y profesionales involucrados en el programa, se logró acoplar al sistema cloacal del baño un bio-digestor, el cual reemplaza los pozos ciegos destinados a recibir aguas negras, por un sistema que las transforma en agua limpia. Teniendo en cuenta que las napas de agua en esta zona están a muy pocos metros de la superficie (3,00m aproximadamente), se evita la contaminación de las mismas.

Este proceso también fue acompañado por la familia la cual participó de manera activa en su construcción y puesta en marcha.

#### **4.2. Tecnología del muro de envolvente con la técnica de tierra vertida en el marco de la estructura del soporte**

La técnica de tierra vertida, es una propuesta tecnológica que utiliza materiales naturales alternativos, no contaminantes, con disponibilidad en los lugares de aplicación. De acuerdo a los materiales presentes en el territorio (tierra greda, rocas producto de la explotación de una cantera cercana y la posibilidad de contar con un árido de descarte 010-06 de la cantera local) se evaluaron métodos constructivos que incorporen la materia prima en su elaboración. Entre los métodos planteados y las posibilidades de financiamiento, se plantea la posibilidad de realizar tapias y verter estos áridos previamente mezclados con aglomerantes (cemento portland en este caso) dentro del encofrado, generando un muro conocido "Muro de áridos vertido estabilizado" con una innovación diferente respecto a la bibliografía especializada en muro de tierra vertida. (Hall, 2004; Hadjiri, et al, 2007; Revuelta, 2010)

#### 4.2.1. Método de elaboración muro de tierra vertida:

Teniendo como base existente el denominado "soporte para el habitar", se diseña una moldería tipo encofrado que resulte sencillo de armar, y que garantice una buen avance de construcción en poco tiempo.

El diseño y armado de encofrado (fig. 5), se realizó a partir de placas fenólicas con film plastificado negro de 18mm de espesor y tubos estructurales de hierro de 50mm x 50mm y perfiles "C" galvanizados, que funcionan como puntales para contener luego el vertido árido. Se tiene en cuenta el máximo aprovechamiento de estos materiales para sacarle el mayor volumen posible al encofrado y tener el mínimo desperdicio de materiales. Este encofrado se prepara en taller y es fácilmente trasladado a donde sea necesario. Se diseñaron dos tipos de encofrados, uno tipo esquina, y otro tipo longitudinal. Estas dos tipologías se adaptan perfectamente al sistema constructivo del soporte, aunque también pueden ser armados en otros contextos. El ancho del encofrado está diseñado en función de las medidas estándar del material fenólico, y la altura final, puede ser variable, ya que depende de la cantidad de mortero que vaya a contener. Esta cantidad se pensó en función de generar una primera gran hilada de 2,20m de ancho por 1.10m de alto, y que genera un perímetro en el espacio que tiene dos funciones: la primera, es entender que la vivienda ya reconoce el límite entre el interior y el exterior, aunque no esté completo hasta el techo, y en este sentido, se ve mucho más cercano el objetivo de poder completar el cerramiento en su totalidad. En segundo lugar, la altura del muro, se pensó en función de poder apoyar a este nivel, las ventanas.



Figura 5. Encofrado de árido vertido

El armado de encofrado se da en el territorio, colocado sobre el cajón hidrófugo previamente ejecutado: en primer lugar se colocan los paneles laterales previamente pintados en su interior con algún desmoldante (aceite quemado por ejemplo) y junto a los tubos estructurales que funcionarían de contención para evitar que éste se abra por el peso propio del vertido. Luego se aploma y se nivela con nivel de mano y se ajustan las tuercas en las

varillas para evitar movimientos y generar rigidez. Este proceso de armado siempre es acompañado por la familia, los cuales se capacitan y aprenden a manejar el sistema para luego reproducirlo ellos mismos. El llenado de encofrado y desmolde es compartida con vecinos y familiares que se interesan y también aprenden a replicarla en sus propios hogares. El mortero es preparado dentro en una máquina hormigonera mezcladora eléctrica siguiendo el siguiente orden de vertido de materiales: agua - 20lts, arenilla 010-06 - 4 (cuatro partes), cemento portland - 1 ½ (1 parte y media), tierra colorada - 4 (cuatro partes), arena - 4 (partes), cascotes de obra - (No supera el 30 % del volumen de la mezcla). Los cascotes o fragmentos de rocas, se colocan dentro del encofrado a medida que se va llenando.

Seguir este orden es importante para no empastar la mezcla dentro de la mezcladora y obtener una mezcla homogénea. Una vez obtenida la mezcla, la misma es vertida con baldes dentro del encofrado y en paralelo se agregan rocas al vertido sin superar el 30% del volumen total. El encofrado se llena hasta una altura de 1.10m (fig. 6), y es coincidente con la altura de apoyo de las aberturas. El encofrado es desarmado a las 24 horas de vertido el material y ya puede ser usado en otro tramo de la envolvente.



Figura 6. Muro de árido vertido y completamiento del soporte

La terminación es una pintura transparente hidrófuga que impide la generación de hongos y el desgranamiento por el desgaste de la lluvia y el sol. Una vez desencofrado tiene un espesor de 40cm y 1,10m de alto, esta característica le permite recibir cualquier otro tipo de cerramiento tipo mampostería.

## 5. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

### 5.1. Estructura invisible y cerramiento “turrón”

Los resultados de este trabajo aportan a dos niveles articulados de discusión, la vivienda progresiva y las alternativas de cerramiento, con aportes posibles de innovación de la tecnología en tierra vertida.

Respecto del primero, la concepción y práctica de vivienda progresiva en un marco de TIS en territorio otorga la libertad de decidir sobre sus propias trayectorias en el proceso co-construcción de la vivienda y la resolución de sus problemas, según sus recursos, decisiones y formas de habitar. La concepción “soporte” aporta el piso y el techo, como una estructura invisible de perfiles que no ofende la pobreza del vecino, crea un impulso importante de resolución de problemas frente a condiciones casi inalcanzables para las familias sumidas en esa condición de extrema pobreza. La cubierta es lo más difícil de alcanzar. Gran parte de las viviendas precarias y esfuerzos de autoconstrucción mueren en los muros. La cultura material y técnica del mundo popular tiene más capacidades instaladas, recursos y estrategias para resolver el problema del cerramiento.

Los resultados de la experiencia llevada a cabo con la tecnología de áridos vertidos o mixtos contribuyen con los siguientes niveles de reflexión a este campo: en primer lugar, el árido vertido, a diferencia de otros sistemas de construcción con tierra, como el de muro tapia, donde se apisonan los vertidos por capas, requieren más tiempo de mano de obra y materiales que quizás no se encuentran en el territorio. La técnica del árido vertido tiene una buena adaptación territorial, es un sistema de sencillo aprendizaje, a diferencia de la construcción tradicional, y además, con una muy buena apropiación social. Por otro lado, los materiales que se usaron se encuentran en el territorio, es de fundamental relevancia. No solo se usa el material principal, árido de trituración denominado arenilla 010-06, sino que se combina con otras arcillas presentes en el mismo lugar donde se construye, así también como rocas de distintos tamaños que colaboran a ocupar volumen de mezcla. El basamento logrado con esta técnica, con una altura apta para el apoyo de ventanas y con la resistencia para soportar cualquier otro tipo de cerramiento, logra dar ese primer paso para poder terminar la envolvente por completo, de forma rápida, sencilla y económica, con un alto nivel de apropiación tanto de la técnica, como del resultado final, la vivienda completa. Además, en un registro de diseño tecnológico, pensar la matriz del muro en forma sistémica, en relación a la estructura soporte, los procesos de autoconstrucción y las formas de habitar permite una discusión más comprensiva de esta tecnología para resolver problemas.

Por último, y como indicador de apropiación social y técnica, resulta sugerente como legitimación social la denominación popular que surge de la percepción de su textura: “el turrón”.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *Cacopardo, F.A., Cusán, M.I., y equipo colaborador (2016). Desarrollo tecnológico como desarrollo humano en contextos de extrema pobreza: Soportes para el Habitar. Revista Académica Facultad de Ciencias Sociales 7 (4). Buenos Aires*
- *Cacopardo, F. A., Cusán, M. I. y Rotondaro, R. (2013). Tecnologías sociales como un emergente territorial: aportes para un modelo de gestión del hábitat popular. Cuaderno urbano: Espacio, cultura, sociedad, 14(14), Universidad Nacional del Nordeste: Nobuko .EUDENE, pp. 119-145.*
- *Dagnino, R.; Cruvinel Brandão, F, y Tahan Novales, H.(2004). Sobre o marco analítico-conceitual da tecnologia social. En: Tecnologia Social. Uma estratégia para o desenvolvimento. CIP, Rio de Janeiro. Fundação Banco do Brasil, Rio de Janeiro, Brasil.*
- *Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S. y Vitoux, F. del Grupo CRAterre (1990) Construir con tierra. Tomos I y II. Fondo Rotatorio Editorial. Bogotá, Colombia*
- *Gatani, M. (2013). La vivienda semilla. Propuesta alternativa para sectores sociales con déficit habitacional. Tecnología y Construcción, 17(1). Universidad Central de Venezuela.*
- *González Lobo, C. (1998). Vivienda y ciudad posibles. Tecnologías para vivienda de interés social, vol. 4. Escala. Bogotá, Colombia.*
- *Houben, H. and Guillard, H. (1994). Earth Construction: A Comprehensive Guide, Intermediate Technology Publications, London.*

- Ortiz Flores, E. (2007). *Integración de un sistema de instrumentos de apoyo a la producción social de vivienda. Coalición Internacional para el Hábitat (HICAL). México.*
- Pelli, V. (1997). *El Derecho a la Tierra. Comunidad Aborigen Cacique Pelayo. Documento del Instituto de Investigación y Desarrollo en Vivienda (IIDVi) e Instituto para la Comunidad y el Hábitat (IcoHa). Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNNE, Resistencia, Chaco.*
- Peyloubet, p., Fenoglio, v. y otros (2010a) "Modelo cognoscente que resignifique el binomio problema- solución. Perspectiva perceptiva y metodológica." Ponencia Congreso ESOCITE. Universidad Nacional de Quilmes. Junio 2010. Bs. As. Argentina.
- Revuelta J.D. et al, "Adobe As A Sustainable Material: A Thermal Performance", *Journal Of Applied Sciences* 2010.
- Rotondaro, R; Cacopardo, F (2014) *Construcción con tierra y tecnologías sociales. Modos de participación en la materialidad de la vivienda. Horizontes Revista de Arquitectura nº6. NHAC, Oaxaca de Juarez México. (p 17-22).*
- Sargentis G-fivos., Kapsalis V.C. (2009) *Earth Building. Models, Technical Aspects, Test and Environmental Evaluation. International Conference on Environmental Science and Technology. 1-10pp.*
- Thomas, H. (2009). *Sistemas Tecnológicos Sociales y Ciudadanía Socio-Técnica. Innovación, Desarrollo, Democracia. Iº Encuentro Internacional de Culturas Científicas y Alternativas Tecnológicas. Editor: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación. 8 y 9 de octubre, Buenos Aires. pp. 65-86.*
- Autores: Cacopardo, Gabriel; Camino, Mariana; Freire, Patricio Gabriel; Melian, Isaac; Rotondaro, Rodolfo.



# DISEÑO DE UN MÓDULO HABITACIONAL DE EMERGENCIA ABASTECIDO CON ENERGÍA SOLAR PARA LA PROVINCIA DE MENDOZA, ARGENTINA

Miriam Cecilia López ([mclopez@frm.utn.edu.ar](mailto:mclopez@frm.utn.edu.ar)); Germán Rodolfo Henderson ([hendger.071@gmail.com](mailto:hendger.071@gmail.com)); Silvia Curadelli ([silvia.curadelli@gmail.com](mailto:silvia.curadelli@gmail.com)); Roxana Piastrellini ([roxana.ppt@gmail.com](mailto:roxana.ppt@gmail.com)); Alejandro Pablo Arena ([aparena@gmail.com](mailto:aparena@gmail.com)); Tamara Antoniucci ([tamantoniucci@gmail.com](mailto:tamantoniucci@gmail.com))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza (UTN - FRM) - Arg.

**Palabras clave:** vivienda de emergencia, energía fotovoltaica, construcción sustentable

*Ante situaciones de emergencia, la evacuación y albergue es una de las medidas más importantes en términos de supervivencia. Contar con refugios concebidos para estos fines, que responda a los requerimientos de habitabilidad del grupo familiar a albergar, permite aminorar la vulnerabilidad que los afecta.*

*Teniendo en cuenta que la construcción sustentable ha crecido con fuerza en el terreno del diseño arquitectónico, propiciando que los recursos sean mejor aprovechados con una intervención de bajo impacto en el ambiente y al mismo tiempo cumpliendo con su dimensión social, resulta imperante incorporar estos aspectos en el diseño de refugios de emergencia. De esta forma, los refugios diseñados bajo este enfoque resultan de fácil construcción y transporte, y eficientes en cuanto al uso de energía y recursos materiales, conforme con las condiciones particulares del entorno, no sólo durante su funcionamiento y vida útil, sino también en la etapa de construcción.*

*En este contexto, lo que propone el presente estudio es desarrollar un módulo habitacional de emergencia donde su construcción se base en materiales desarrollados localmente y de tecnología simple, que se adapte a las condiciones del entorno y, fundamentalmente, que sea autosuficiente en cuanto a los servicios energéticos que se requieran.*

*Para ello, se desarrolló un prototipo preliminar abastecido energéticamente mediante un sistema fotovoltaico aislado, para tres regiones geográficas de Mendoza, teniendo en cuenta que la provincia constituye uno de los grupos poblacionales con mayor riesgo sísmico en Argentina. Asimismo, se identificaron estrategias pasivas de diseño, incorporadas en el proyecto arquitectónico y en la composición de elementos constructivos que contribuyan de manera efectiva a la eficiencia energética de la vivienda.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza, y en particular lo que se conoce como Gran Mendoza, constituye el grupo poblacional, junto con la Provincia de San Juan, con mayor riesgo sísmico de Argentina. Estas consideraciones se basan en una conjunción de factores que contribuyen con este riesgo tales como, los antecedentes de terremotos destructivos, la configuración de las construcciones sismorresistentes y las características de la geología que conforman el territorio.

En la historia de Mendoza, los primeros registros disponibles mencionan que el 22 de mayo de 1782 se produjo un fuerte sismo, con grandes daños en la Ciudad de Mendoza, que lo muestran como el de mayor intensidad hasta esa fecha. Este terremoto dejó en estado ruinoso algunos edificios importantes como la Iglesia y el Colegio de la Inmaculada Concepción y la Iglesia y el Colegio de los Franciscanos.

Posteriormente a esta fecha, se puede mencionar el terremoto del 20 de marzo de 1861 (magnitud 7.0 en escala sismológica de Richter y una intensidad de IX en escala sismológica de Mercalli), que se considera como uno de los máximos históricos. En esta ocasión, y de acuerdo con la información periodística de ese momento, las víctimas producidas por el terremoto fueron cercanas a las 5.000 sobre una población de aproximadamente 8.000 habitantes, tomando el Censo del año 1857.

Otro terremoto de gran relevancia ocurrió en el Gran Mendoza el 26 de 1985 (con magnitud 6.3 escala de Richter e intensidad máxima de VII escala de Mercalli) que, aunque de moderada magnitud, produjo daños considerables, principalmente en viviendas de adobe y de mampostería antigua. Los damnificados de estas catástrofes, se refugiaron transitoriamente en plazas, estaciones de servicios, parques y hasta en las linderas de zanjones. Gran parte de los que perdieron sus viviendas fueron ubicados en numerosos albergues comunitarios de la provincia.

Situaciones como estas, ponen de manifiesto el alto nivel de actividad sísmica a que se exponen continuamente los mendocinos y marca la necesidad de incorporar este riesgo en la planificación de los planes de emergencia y en el desarrollo socio-económico de la población afectada luego de un terremoto.

Muchos son los avances que se han desarrollado a nivel mundial en "viviendas de emergencia", siendo uno de los pioneros Ian Davis (1980), en plantear cómo debían pensarse estas construcciones, en función de las necesidades locales y de las personas a quienes se orientan.

A nivel regional son también variadas las experiencias que han estudiado sobre el tema. En Chile, desde el terremoto de Chillán en 1939, la solución de vivienda de emergencia es la comúnmente llamada "mediagua" (Lawner, 2010), la cual constituye una construcción de madera que ocupa un área de 6 x 3 m que, a pesar de ser concebida y materializada como una solución transitoria, suele ser habitada durante una extensión de tiempo que tiende a lo definitivo. Es decir, aquello que desde su diseño parece ser una solución transitoria, tiene en la realidad una condición de permanente.

Argentina no escapa a esta situación. Un ejemplo de ello es la construcción de viviendas de emergencia que debieron realizarse por las reiteradas e incontroladas crecidas de los ríos en el Litoral del país, reemplazando a los módulos habitacionales que se utilizaban anteriormente, para reubicar a las familias afectadas. Estas viviendas construidas con estructuras prefabricadas albergan en forma casi permanente a los evacuados, replicando los prototipos diseñados por la organización "Un Techo para Argentina".

Otro antecedente a mencionar, es la utilización de containers, los cuales no hace mucho tiempo comenzaron a ocuparse para este fin en distintas partes del mundo. Estos depósitos son adaptados (intervenidos) como espacios acondicionados para crear un hábitat adecuado, con sectores funcionales capaces de poder dar un lugar acogedor y saludable para las personas en situación de emergencia, procurando su bienestar y seguridad.

En Mendoza, fue desarrollado un proyecto por el CEREDETEC, Facultad Regional Mendoza, pensado como refugio después de ocurrido un sismo destructivo, para resguardo de las personas afectadas. Además de la solución inmediata al problema habitacional ante la emergencia sísmica, lo que pretendía este tipo de vivienda es que pudiera ser utilizada en condiciones normales. El prototipo denominado Módulo de Emergencia Sísmica –MES, consistía en una vivienda del tipo industrializada con estructura de acero y cerramientos de paneles termoacústicos, conteniendo un sistema de ensamble tipo mecano (Pizarro et al. 2004).

De lo anteriormente expuesto, se observa que existe un amplio desarrollo y variedad de experiencias sobre viviendas de emergencias. Sin embargo, lo que propone el presente estudio es desarrollar un prototipo donde su construcción se base en materiales desarrollados localmente y de tecnología simple, que se adapte a las condiciones del entorno y, fundamentalmente, que estos módulos sean autosustentables en cuanto a los servicios energéticos que se requieran. Para ello se tuvo en cuenta la experiencia adquirida en el equipo de investigación en cuanto al abordaje regional de aspectos energéticos en edificios (Arena 2006; Arena “et al” 2004; 2015).

Desde esta perspectiva, este estudio presenta un análisis preliminar del sistema de energías renovables más conveniente para el proyecto, sobre un análisis de los materiales que componen la envolvente de la vivienda, para estimar un consumo energético del módulo habitacional. Asimismo, se identifican y estudian los parámetros de los elementos constructivos, que pueden reducir la demanda de energía y optimizar el confort higrotérmico mediante el acondicionamiento natural del edificio durante todo el año. En cuanto estudios previos que abordan estrictamente lo aspectos energéticos en edificios podemos mencionar como estudios regionales los de Arena A. P., M. Basso , Fernández Llano J. (2001), Arena, A. P. (2006).

## 2. METODOLOGÍA Y FUNDAMENTO TEÓRICO

En general los refugios de emergencia que se utilizan ante catástrofes naturales no responden a viviendas ambiental ni funcionalmente eficientes, como tampoco consideran el desarrollo sostenible como variable de diseño (PNUMA 2007). Sólo resuelven la situación inmediata sin la asimilación posterior a la emergencia. Si bien cada país establece distintas normativas de aplicación para este tipo de albergues, en este proyecto se toma como referencia lo establecido por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para una vivienda digna (ONU 1991), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en lo referente a estándares mínimos para viviendas de interés social y la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Secretaría de Obras Públicas de la Nación en lo concerniente a la regulación sobre las condiciones básicas para viviendas en caso de suceder una catástrofe.

Para el estudio del abastecimiento de energía eléctrica del módulo habitacional en las diferentes regiones establecidas en la provincia de Mendoza se utilizó la metodología propuesta en (PDACSNL 1995). La misma utiliza las características climáticas de cada región y las características técnicas del equipamiento utilizado para el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado de la red. Para las características climáticas se utilizó el software Meteonorm versión 7 de la firma Meteotest, de origen suizo. Las características técnicas del equipamiento fueron obtenidas de las hojas de especificaciones técnicas de los fabricantes, utilizando particularmente el modelo de batería SIND 04 2145 de la firma Trojan y el módulo FV JKM300P-72 de la firma Jinko.

La provincia de Mendoza fue sectorizada en tres regiones geográficas con distintas condiciones meteorológicas y de irradiancia solar: Norte, Centro y Sur. Esta sectorización se realizó considerando los trabajos previos realizados por el Grupo Cliope, con el objeto de seguir una misma línea de trabajo (Piastrellini “et al”. 2018; Rodríguez et al. 2018). Para cada una de las regiones se utilizó los siguientes puntos para realizar el estudio:

- Zona Norte: Observatorio Parque General San Martín, Ciudad, Mendoza. (32.895 latitud Sur; 68.872 longitud Oeste).
- Zona Centro: Eugenio Bustos, San Carlos, Mendoza (33.786 latitud Sur; 69.072 longitud Oeste).
- Zona Sur: Ciudad de San Rafael, Mendoza (34.627 latitud Sur; 68.360 longitud Oeste).

Las cargas consideradas para el estudio se muestran en la Tabla 1, donde se puede observar que se han establecido cargas para la iluminación del módulo habitacional, una radio para tener un sistema de comunicaciones, un teléfono celular y su correspondiente cargador, una heladera para la conserva de alimentos y ciertos medicamentos, y un remanente de energía útil para abastecer una computadora portátil.

Tabla 1. Cargas eléctricas del módulo habitacional de emergencia

Carga	Potencia [W]	Descripción
Iluminación de la cocina	10	Esta es la iluminación considerada para la mesada de la cocina, donde será el lugar donde la preparación de los alimentos y su cocción se llevará a cabo.
Iluminación del comedor	10	Esta iluminación es la utilizada sobre la mesa del comedor.
Iluminación del baño	10	-
Iluminación del dormitorio (x2)	10	-
Radio AM-FM	5	Al igual que el televisor, la radio es muy importante en situaciones de emergencias.
Cargador de celular	18	En la actualidad, contar con telefonía celular es no solo importante para la comunicación, sino también para el entretenimiento y el trabajo.
Heladera	75	Esencial para poder preservar alimentos y medicamentos.
Cargador de computadora portátil	100	Una computadora permite que las personas realicen gestiones personales y laborales, además de permitirles tener conectividad con los medios de comunicación en línea.

No se consideró la utilización de un termotanque, debido a que este será reemplazado por un equipamiento solar térmico, que no ha sido en este momento abordado. Los elementos de cocina, como el horno y los anafes, no se han considerado para el abastecimiento a partir de módulos fotovoltaicos, debido al alto consumo de energía eléctrica. El abastecimiento de estos artefactos será realizado por gas envasado.

Para el estudio sobre los recursos pasivos de diseño se identificaron estrategias incorporadas en el proyecto arquitectónico y en la composición de elementos constructivos, de acuerdo con el punto 3.2.4 Estrategias pasivas para diseño arquitectónico (EPDA) - Norma IRAM 11900 (2017). En la misma se establecen las características del diseño arquitectónico y de los elementos constructivos que adecuan el edificio a las condiciones climáticas y ambientales, y que permiten mejorar condiciones de confort higrotérmico y reducir la demanda de energías convencionales.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Descripción geométrica y constructiva del Módulo habitacional

El diseño sometido a estudio se ha realizado en base a un sistema modular de 25 m<sup>2</sup>, en función de las dimensiones de los paneles que pueden realizarse con las placas que ofrece el mercado (1,220 m por 2,44 m), reduciendo al mínimo el desperdicio de materiales. Las figuras 1 y 2 muestran la distribución geométrica y constructiva de la vivienda, así como las medidas reales de las áreas que conforman la misma.

Esta construcción está conformada por una estructura metálica de perfiles laminados, caños estructurales y perfiles de chapa doblada. El piso del módulo se arma con paneles de madera contrachapada (fenólico) de 18 mm de espesor, atornillados a la estructura de caños inferior. Sobre el contrachapado se coloca un piso de terminación. La estructura de caños se suelda a perfiles W 200x15 longitudinales, y en cada caño transversal se sueldan tornapuntas a los mismos perfiles.

El techo, a dos aguas con el 17% de pendiente está constituido por paneles apoyados y atornillados sobre la estructura de caño de la cubierta. Los paneles de techo son de 5 cm de espesor inyectados con poliuretano de 36 kg/m<sup>3</sup> de densidad, con chapa de acero T101 BWG 25 en el exterior y placas de chapadur de 3 mm en el interior.

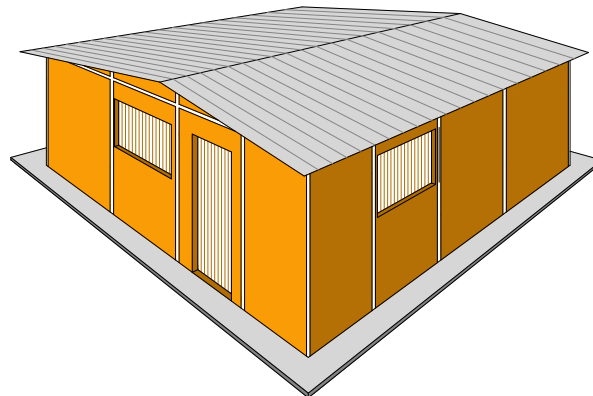


Figura 1. Vista del prototipo del módulo de emergencia

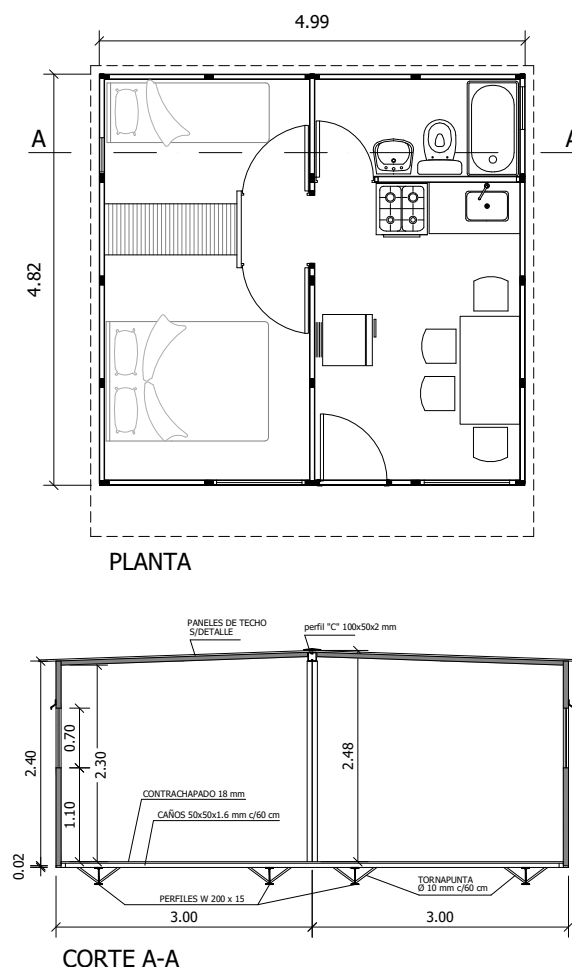


Figura 2. Diagrama en planta y corte de la modulación del sistema



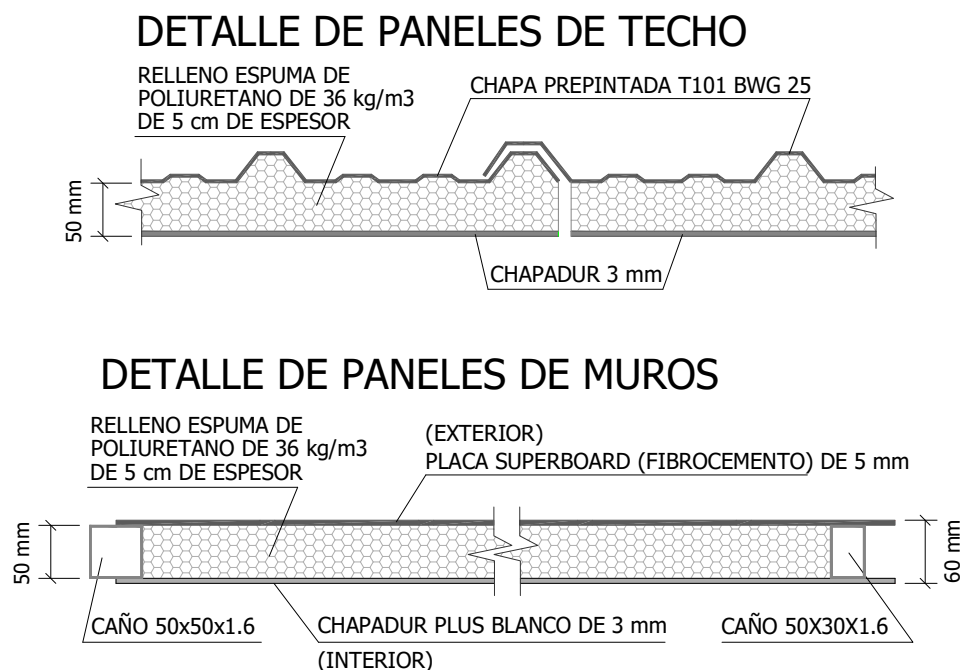


Figura 3. Detalles de paneles de techo y muros

Complementa la cubierta un cielorraso suspendido de placas de melamina de 5 mm sostenida mediante remaches tipo “pop” a caños de 50 x 20 x 1.2 mm, los que se ubican cada 90 cm de separación y se sueldan a los cordones inferiores de las cabriadas.

Los paneles que conforman los cerramientos verticales exteriores están formados por una chapa exterior prepintada Cincalum n° 25 plegada con nervios cuadrados de 15mm de lado cada 15 cm, el interior es de Chapadur Plus blanco de 3,8 mm; entre ambos materiales lleva un relleno de espuma de poliuretano de 36 kg/m<sup>3</sup> de densidad, de 50 mm de espesor. Este relleno de poliuretano se coloca mediante la técnica de inyección bajo prensa, asegurando un llenado homogéneo y una total adherencia entre la chapa y el Plus. En todo su perímetro estos paneles llevan un plegado en “U” de chapa galvanizada n° 16, de 55 x 25 mm.

Estos paneles han sido ensayados con cargas de 142 kg/m<sup>2</sup> no presentando deformaciones permanentes, lo que asegura una adecuada transferencia de cargas de presión (viento, nieve, etc.) a la estructura del módulo.

La configuración de esta vivienda de emergencia se obtiene como resultado de la unión de dos módulos de 3m por 5 m, donde sus componentes mantienen iguales medidas en superficie, alto y ancho de 1,22 por 2,44 m, lo que asegura a los efectos del traslado, poder transportarlo sin problemas, ya que ocupa un espacio apropiado para vehículos de carga normal. Asimismo, permite rapidez de montaje con un mínimo de equipamiento, resultando una solución viable tanto en países de medianos o escasos recursos, ofreciendo durabilidad, flexibilidad de uso y adecuación al crecimiento.

La vivienda es transportada al lugar de emplazamiento donde se ensamblan ambos módulos y se apoyan y fijan a través de pasadores metálicos sobre plataformas de hormigón prefabricadas o sobre contrapiso existente (figura 4).

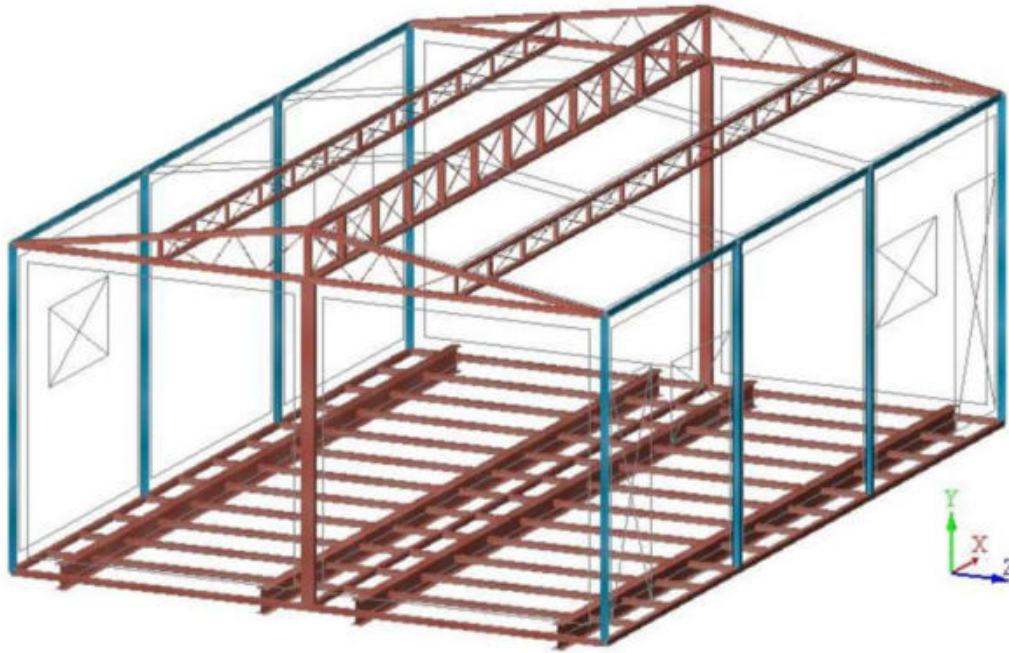


Figura 4. Detalle esquema estructural

### 3.2. Abastecimiento de electricidad

Se encontró que existen diferencias en las cantidades de módulos a utilizar para cada una de las regiones evaluadas, debido principalmente a la variación en las condiciones climáticas de cada una de estas, resultando entre 3 y 4 módulos de 300 W de potencia eléctrica cada uno.

Para el caso de la región Norte, se necesitarían 900 W nominales fotovoltaicos para el abastecimiento de la energía consumida diariamente, mientras que para las regiones Centro y Sur serían necesarios 1200 W nominales fotovoltaicos, lo que implica un costo mayor de inversión debido a la ubicación seleccionada para colocar los módulos habitacionales.

### 3.3. Valoración de las estrategias pasivas de diseño arquitectónico (EPDA)

Para la determinación de la ponderación de los EPDA se siguieron los pasos del método de cálculo previsto en la Norma IRAM 11900 - Capítulo 4 y Norma IRAM 11605 de Acondicionamiento Térmico de Edificios.

Con los datos de los materiales y sistema constructivo del módulo habitacional se analizaron tres posibles escenarios en la provincia de Mendoza (Ciudad, San Rafael y Malargüe), adoptando como Nivel de confort higrotérmico el Nivel A/B.

Los recursos arquitectónicos- constructivos (RAC) evaluados en el diseño fueron la aislación térmica de la envolvente, la inercia térmica de los elementos constructivos interiores y exteriores, la protección y captación solar, la orientación, la forma y el agrupamiento edilicio, la ventilación natural y las características del entorno.

La evaluación del módulo se realizó contrastándolo con el modelo teórico de edificio según Tabla E2 de ponderación de estrategias pasivas de diseño (Anexo E de Norma IRAM 11900), dando como resultado para la Valoración del nivel de aprovechamiento EPDA para los climas Templado frío a y b (Ciudad de Mendoza y San Rafael) 64% y 58,5 % para el caso de Malargüe (clima frío).

#### 4. CONCLUSIONES

Frente a un escenario global muy preocupante sobre problemas medioambientales, como así también sociales, relacionados con la pobreza y la salud, es que en este trabajo se ha buscado aplicar un enfoque de sustentabilidad en el diseño habitacional de un módulo de emergencia para la provincia de Mendoza (Argentina). Para ello, se han considerado los estándares mínimos de habitabilidad y de las necesidades básicas a cumplir de acuerdo con normativas vigentes tanto nacionales como internacionales, así como criterios de eficiencia y autonomía energética.

Se ha logrado un módulo habitacional que se autoabastece de energía eléctrica por medio de una fuente renovable de energía, en donde con un máximo de 1200 W CC nominales se logran alimentar muchas de las principales cargas necesarias ante una catástrofe. El módulo es útil para diversas condiciones de funcionalidad como pueden ser alojar una población civil ante desastres naturales, como también conformar albergues comunitarios por precariedad habitacional en asentamientos irregulares con viviendas autoconstruidas bajo deficientes condiciones de habitabilidad.

Se destaca que este estudio representa el primer paso de un proyecto que pretende hallar un prototipo habitacional sustentable desde los puntos de vista energético, ambiental y económico. Por lo cual, los resultados hallados hasta el momento serán complementados y contrastados con los siguientes estudios:

- Estudio de alternativas sobre el diseño y materiales constructivos que mejoren las condiciones de aprovechamiento de estrategias pasivas en el diseño arquitectónico.
- Análisis de otras alternativas de equipos y artefactos eléctricos de menor potencia que provoquen un salto menor al incrementar en un módulo la instalación. De esta manera, se podría esperar reducir la potencia necesaria para las regiones Centro y Sur e incorporar otros equipos que complementen la funcionalidad del refugio, especialmente en cuanto a la cocción de alimentos.
- Diseño del sistema solar térmico para conocer si se debe aportar parte de energía desde el sistema solar fotovoltaico para la resistencia auxiliar.
- Análisis del sistema de provisión de agua potable y para higiene de los residentes del módulo, como también el sistema de tratamiento de efluentes, contando con situaciones extremas en las que no se pueda acceder a estos sistemas integrados.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arena, A. P., Basso, M., Fernández, J. (2004). *Análisis de costo de ciclo de vida de estrategias conservativas aplicadas en una vivienda en el centro oeste de la República Argentina. ClaCS04 – I conferencia latinoamericana de construcción sustentable/ENTAC 04 – 10° encuentro nacional de tecnología de I ambiente construido. Centro de Convenciones Reboucas, Sao Paulo, Brasil, 18 al 21 de junio de 2004. ISBN 85-89478-08-4.*
- Arena, A. P. (2006). *Ciclo de vida de tecnologías para el desarrollo urbano energéticamente sustentable del sector edilicio en zonas áridas andinas. Experiencias en Mendoza (Argentina). Trabajo código AEAT 02, XXX Semana Nacional de Energía Solar. Veracruz, Ver., del 2 al 6 de octubre del 2006. México. ISBN 968-5219-08-7.*
- Arena, A. P., Funes, M., Henderson, G. (2015). *Life cycle cost of building-integrated PV overhangs for the main building in a university campus in Mendoza, Argentina. 7th International Conference on Life Cycle Management - LCM2015. Bordeaux (Francia), August 30 – September 02.*
- Davis, I. (1980). *Arquitectura de emergencia. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona. España.*
- Lawner M. (2010). *Carta abierta al Presidente Piñera. Artículo. Editorial Universidad de Chile. (OCLC 860361346).*

- PDACSNL-Photovoltaic Design Assistance Center Sandia National Laboratories (1995). *Stand-Alone Photovoltaic Systems: A Handbook of Recommended Design Practices*. Estados Unidos. SAND87-7023.
- PNUMA-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2007). *Diseño para la Sostenibilidad (D4S) de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2007*.
- ONU-Organización de las Naciones Unidas. (1991). *Programa de las Naciones Unidas sobre el Derecho a la Vivienda. Observación general N° 4*.
- Pizarro, N., Michelini, R., Maldonado, N. (2004). *Vivienda de interés social, con aplicación para la emergencia sísmica, utilizando un sistema constructivo innovador proyecto VIS.UTN.FAC.REG.MZA.01, 2004*.
- Piastrellini, R., Rodriguez, P. Arena, A.P., Allende, D. (2018). *Herramienta web de consulta sobre energía solar y de biomasa para la provincia de Mendoza. Anales de trabajos completos. III Congreso de Energías Sustentables en Bahía Blanca. Buenos Aires, Argentina*.
- Rodriguez, P., Piastrellini, R., Arena, A. P. (2018). *Estimación de la producción de biomasa residual apta para la generación de energía en la provincia de Mendoza. Acta de la XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 6, pp. 04.75-04.84, 2018. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-1-2*.
- Norma IRAM 11900 (2017). *Prestaciones energéticas de viviendas. Método de cálculo y etiquetado de eficiencia energética*.
- Norma IRAM 11605 (1996). *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad de edificios*.

## RELAÇÃO ENTRE DENSIDADE DE PAREDE E ENERGIA INCORPORADA EM PROJETOS DE EHIS

Renata Postay (rpostay@gmail.com); Andrea Parisi Kern (apkern@unisinós.br)

UNISINÓS, programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - São Leopoldo, RS, Brazil

**Palavras chave:** Densidade de parede, Habitação de Interesse Social, Energia Incorporada.

*A construção civil se caracteriza por consumir grande quantia de matérias primas e energia. Onde o segmento residencial é muito expressivo utilizando o equivalente ao comercial e público juntos, em todas as fontes de energia, envolvendo desde a energia para a produção de materiais e componentes como na fase de uso. Importante então considerar a escala do segmento de empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS), que, no Brasil, teve impulso significativo com o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Assim, ações voltadas à economia e otimização da construção, desde a fase de concepção são muito oportunas e o projeto tem papel crucial como indutor da racionalização da construção. O objetivo do estudo é investigar a relação entre o índice de densidade de parede com energia incorporada em EHIS. A pesquisa analisou cinco projetos de edifícios do PMCMV propostos em alvenaria estrutural com blocos de concreto, subdividida em três etapas: (1) quantificação dos materiais dos projetos; (2) análise da energia incorporada (EI) através de dados de literatura e do software CES Selector; (3) verificação da relação entre densidade de parede com consumo de EI. Os resultados indicam que, para mesma área, decisões quanto à arquitetura tem influência direta no consumo de materiais e impacto relacionado. Onde apresenta-se uma relação direta: quanto menor o índice de densidade de parede, menor consumo de materiais e energia incorporada, com diferenças em torno de 20%, considerando o edifício com menor e maior densidade de parede.*

### 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem como característica o elevado consumo de energia e insumos, os autores Tavares (2006), Lobo et al. (2010) e Torgal e Jalali (2010) apontam que aproximadamente 40% da energia consumida mundialmente é para suprir demandas do setor, que consome mais matérias-primas do que qualquer outra atividade econômica, por volta de 3000 Mt/ano (quase 50% do total em massa), com elevada extração de matérias-primas não renováveis (TORGAL; JALALI, 2010).

Como minimizar a necessidade de materiais no setor? A questão dos materiais de construção e a demanda da redução da utilização de energia operacional em edifícios devem estar lado a lado, pois ambas tem importância significativa (BERGE, 2009). Assim, reduzir resíduos e impactos ambientais são preocupações atuais do setor da construção civil, que tem como desafio construir mais usando menos materiais (WEINSTOCK, 2000; AGOPYAN; JOHN, 2011).

Na produção do ambiente construído o projeto atua como protagonista, nesta fase o produto é concebido, são feitas as especificações de materiais, de sistemas e do desempenho esperado. Assim, o projeto atua como elemento indutor da racionalização da construção, da qualidade do produto final e de sua sustentabilidade. Comparando-se a outras indústrias a construção civil demorou a adotar uma conscientização, mas está começando a incorporar uma postura mais proativas em relação ao meio ambiente e à sustentabilidade (CARVALHO; SPOSTO, 2012).

Ao analisar os empreendimentos de habitação de interesse social (EHIS), Brandão (2006) aponta a necessidade de mais estudos aplicados na fase de projeto dos empreendimentos.



O que vai de encontro a Neto, Moreira e Schussel (2012) que destacam a prevalência da lógica de mercado na política habitacional brasileira em detrimento da qualidade dos projetos, onde interesses econômicos se sobrepõem ao atendimento das necessidades básicas da população. Scheidt et al. (2010) ainda salientam que pouco se aborda sobre requisitos ambientais neste padrão de empreendimentos, um segmento altamente aquecido nos últimos anos no Brasil por força de políticas do Governo Federal.

A construção dos EHIS, segundo Silva (2012), em pesquisa aplicada a região metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, num total de 98 estudos de caso, tem como sistema construtivo predominante a alvenaria portante de blocos cerâmicos ou de concreto em 81,63% dos casos.

Desta forma, é importante então considerar a escala do segmento de EHIS, que, no Brasil, teve impulso significativo com o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), empreendimentos que são alvo deste estudo. Neste contexto, o objetivo do presente artigo é investigar a relação entre o índice de densidade de parede com energia incorporada em EHIS.

### 1.1. Energia Incorporada (EI)

A Energia incorporada (EI) pode ser definida como o montante energético utilizado para a produção de determinado produto, incluindo desde as etapas de extração, sua distribuição no mercado até sua destinação final (GAUZIN-MÜLLER, 2002). Outra definição é que inclui a energia usada durante a fabricação, envolvendo todo o processo de obtenção das matérias-primas, refino, processamento, e várias fases de transporte, até o produto acabado no portão da fábrica (BERGE, 2009). Além disso, a EI pode ser vista como um parâmetro de comparação para balizar materiais em termos ambientais (ABEYSUNDARA et al., 2009 apud Bissoli-Dalvi et al., 2013).

Considerando todo o ciclo de vida da edificação, a EI dos materiais de construção e processos a eles relacionados (como transporte) pode significar entre 30% a 50% nos casos avaliados por Tavares (2006) e Paulsen e Sposto (2013) verificaram que, pelo menos, 30% da energia do ciclo de vida se refere à energia incorporada.

Estudo realizado em EHIS, expõem que aproximadamente 60% da energia incorporada inicial é devido a construção de paredes, incluindo os blocos, neste caso cerâmicos, argamassa e pintura. Assim, os autores propõem haver neste elemento o maior potencial de melhoria para reduzir a EI da construção na sua fase pré-operacional, possibilitando alternativas de melhorar o desempenho como a escolha de materiais e elementos com menor EI (SPOSTO; PAULSEN, 2014).

### 1.2. Densidade de Parede (Dp)

A variável densidade de parede (Dp) é definida como a divisão da área das paredes apoiadas sobre uma laje-tipo pela área desta laje, ou seja, a área ocupada pelas paredes sobre a área total do pavimento tipo (OLIVEIRA; LANTELME; FORMOSO, 1995). Desta forma é definida como a projeção das paredes e apresenta o grau de otimização da compartimentação do pavimento (SILVA Jr., 2010)

O índice Dp é apresentado na Equação 1.

$$Dp = \frac{A_p}{A_{pavt}} \quad (1)$$

Onde:

- Dp: densidade de parede

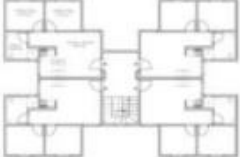

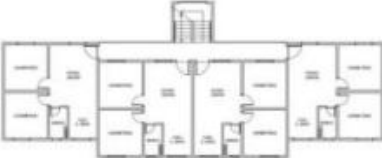
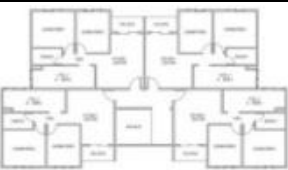
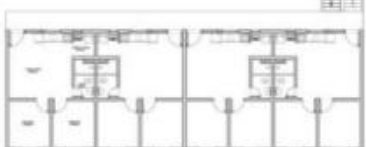
- *Ap*: área de projeção das paredes internas e externas do pavimento tipo da edificação ( $m^2$ )  
Ou seja, o perímetro das paredes multiplicado pela espessura da parede, sem descontar os vãos das aberturas (portas e janelas)
- *Apavt*: área total do pavimento tipo ( $m^2$ )

## 2. MÉTODO DE PESQUISA

Como estratégia de pesquisa foi adotado o estudo de caso com dados reais de projetos de EHIS, tendo como objeto cinco projetos aqui denominados P1, P2, P3, P4 e P5, que podem ser visualizados na Tabela 1 que apresenta: a planta baixa do pavimento tipo (projeto arquitetônico), área do pavimento tipo e o índice de densidade de parede (calculado a partir da Equação 1).

A escolha dos projetos se deu por dois motivos principais: (a) semelhanças em termos de áreas construídas e programa da unidade habitacional (dois quartos, sala, cozinha e banheiro); (b) diferenças em termos de forma arquitetônica. Outro fator considerado foi a disponibilidade por parte das construtoras e Caixa Econômica Federal de dados, ou seja, quantitativos, projetos e memorial descritivo. O projeto P1 foi construído na cidade de São Leopoldo (estado do Rio Grande do Sul) e P2, P3 e P4 na cidade do Rio de Janeiro (estado do Rio de Janeiro), já o P5, é um projeto proposto por Schneck (2013), todos com 4 andares.

Tabela 1. Síntese dos Projetos

Projeto	Planta baixa do pav. tipo (sem escala)	Área pavimento tipo ( $m^2$ )	Densidade de parede
P1		204,00 $m^2$	0,1386
P2		209,40 $m^2$	0,1254
P3		204,57 $m^2$	0,1202
P4		209,78 $m^2$	0,1197
P5		Tipo: 204,00 $m^2$	0,1112

## 2.1. Etapa de pesquisa 1: quantificação dos materiais dos projetos

Após a seleção dos projetos e verificação da densidade de parede de cada um deles, iniciou-se a modelagem dos projetos no *software Revit* (Autodesk), programa com a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*), a fim de obter a quantificação dos materiais necessários para a construção de cada projeto. Os projetos e informações para o desenvolvimento do P2, P3 e P4 foram disponibilizados pela Caixa Econômica Federal, já de P1 e P5 foram obtidos na pesquisa de Schneck (2013). Gerando assim uma lista preliminar de materiais e seus respectivos quantitativos em diferentes unidades (massa, área, volume, comprimento).

Para os cinco projetos padronizou-se o sistema construtivo adotando alvenaria estrutural com blocos de concreto (blocos com dimensões de 14x19x39 cm - 8 MPa) e lajes de concreto moldado no local, uma vez que esta alternativa tem sido amplamente utilizada em EHS no Brasil. Outras características definidas como comuns a todos os projetos: altura de pé-direito de 2,60 m; piso em todo o pavimento do edifício, exceto na circulação vertical; telhado com cobertura de telha de fibrocimento ondulada, com 2 águas e mesma inclinação; forro de PVC nos banheiros.

Com base nessa lista preliminar, se estruturou uma nova lista de materiais organizada de acordo com as etapas de obra, tendo como parâmetro o orçamento do P1, disponibilizado pela empresa construtora e extraído da pesquisa de Schneck (2013), onde consta as seguintes etapas de construção e partes do edifício incluídas na quantificação dos materiais: 1. Serviços preliminares; 2. Estrutura; 3. Alvenarias; 4. Acabamento de parede; 5. Esquadrias; 6. Cobertura e proteções; 7. Pisos; 8. Instalações; 9. Pintura e 10. Serviços complementares. Onde, as quantidades foram padronizadas para massa, tendo como unidade de medida o quilograma (kg) a fim de viabilizar a etapa seguinte da pesquisa. Como os blocos foram referenciados por unidade, a conversão para quilograma foi baseada na mediana de massa proposta por (Oliveira, 2015).

Para os materiais os quais não se obteve as quantidades a partir da modelagem dos projetos no *software Revit*, foram extrapoladas comparações com quantitativo de P1. Para os serviços preliminares, infraestrutura e escada foram adotados os mesmos valores para os 5 projetos, tendo como base os valores do P1. Materiais relacionados a janelas, portas e instalações (hidráulicas e elétricas) não foram contabilizados, uma vez que não mudam por causa da forma arquitetônica, permanecendo como uma constante para projetos estudados.

A partir da obtenção do consumo de massa de insumos dos cinco projetos os resultados foram relacionados com o índice de densidade de parede, resultante das decisões de projeto.

## 2.2. Etapa de pesquisa 2: análise de impacto ambiental - energia incorporada (EI)

A energia incorporada foi analisada pelo *software CES Selector*, incluindo duas etapas pertencentes à fase pré-operacional dos edifícios: (a) extração, produção e transporte de matérias-primas; b) Fabricação de materiais e componentes de construção. O transporte de materiais e componentes para o canteiro de obras, bem como a operação, manutenção e desconstrução dos edifícios não pertencem ao escopo deste trabalho.

Além da utilização do banco de dados do *software*, foram incluídos materiais considerados locais (areia, bloco de concreto e tintas), com especificações mais características da construção Brasileira, por meio do Módulo "*Construtor*". Os dados destes materiais foram inseridos com referência dos inventários de IE de Tavares (2006), Lobo (2010) e especificamente para os blocos de concreto dados de Oliveira (2015) e Oliveira, Pacca e John (2016), uma vez que seus parâmetros são de 29 fabricantes brasileiros de blocos de concreto. Quanto aos blocos optou-se em trabalhar com os dados de EI máximas (M) e

mínimas (m) devido a ampla variação dos dados apresentados pelos autores, justificada pela variação do consumo de cimento em cada bloco podendo chegar em até 2,7 vezes entre os blocos analisados e não o teor de clínquer como era a hipótese inicial dos autores. Vale destacar que não são considerados outros fatores de análise no estudo como desempenho acústico e térmico entre os blocos analisados devido a variação de EI máxima e mínima.

A EI dos projetos foi quantificada na totalidade das etapas de obra apresentadas na etapa anterior, porém por ser o foco do estudo as paredes, os dados apresentados serão específicos deste sistema.

### 2.3. Etapa de pesquisa 3: verificação da relação entre densidade de parede com EI

Após a obtenção da EI dos cinco projetos os resultados foram relacionados com o índice de densidade de parede, assim como já feito anteriormente com o consumo de materiais.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A apresentação dos resultados estrutura-se em 3 itens de acordo com as etapas da método de pesquisa.

### 3.1. Quantificação dos materiais dos projetos

A Figura 1 demonstra o consumo de materiais dos cinco projetos analisados, destacando-se na análise as paredes por ser o foco do estudo, incluindo blocos de concreto, argamassa de assentamento e argamassa de revestimento (ambos compostos por cimento Portland, areia e cal) e os materiais restantes. Devido aos projetos analisados terem uma área bruta muito similar, assim aqui entendida como uma constante, os resultados do consumo dos materiais em termos de massa foram indexados por  $m^2$  ( $kg/m^2$ ).

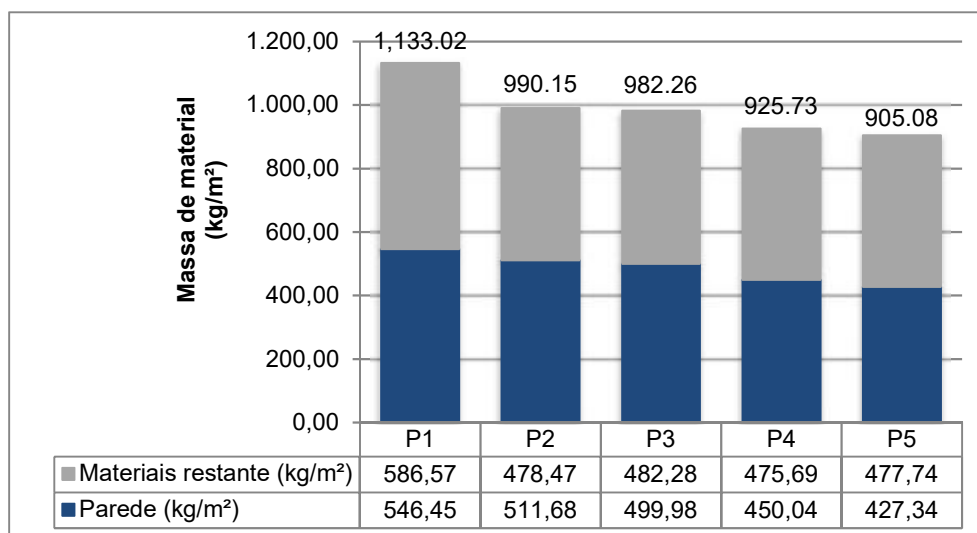


Figura 1. Consumo de material em termos de  $kg/m^2$  de materiais de parede e materiais restantes

No aspecto consumo de materiais é possível observar (Figura 1) que os componentes relacionados às paredes representam aproximadamente 50% da massa e quanto ao consumo total de material, a diferença de massa entre P1 e P5 fica em torno de 20%.

A seguir, a Figura 2 ilustra a correlação entre o índice de densidade de parede de cada um dos cinco projetos e suas respectivas massas de materiais ( $kg/m^2$ ), apresentando o consumo de material das paredes e do edifício (parede + materiais restantes).

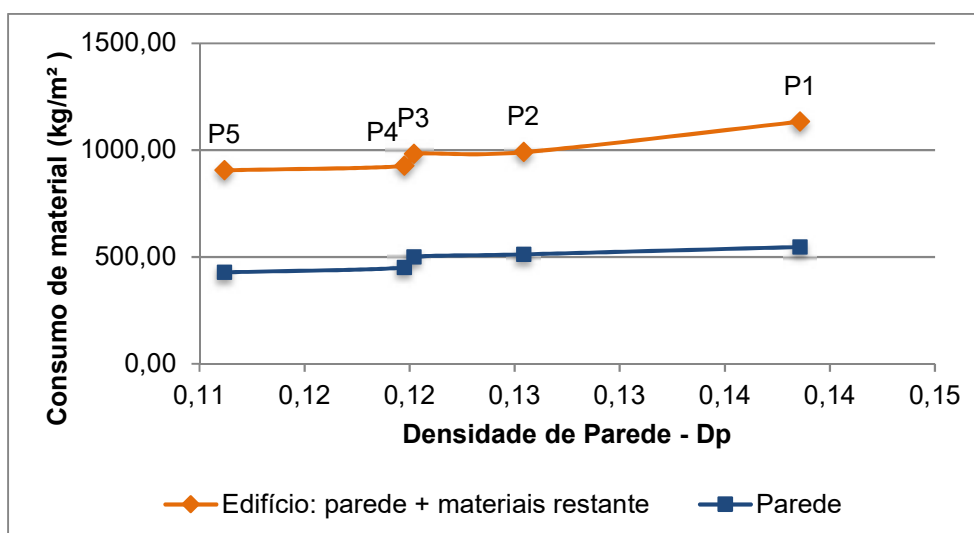


Figura 2. Relação entre consumo de material (kg / m<sup>2</sup>) x Densidade de parede

A relação entre consumo de material versus densidade de parede demonstra a influência das decisões de projeto, onde uma edificação com a mesma área, mesmo programa (neste caso, quatro apartamentos de dois quartos por pavimento) e igual sistema construtivo têm massa de material diferente. Tal variação evidencia que quanto menor a densidade das paredes menor a massa de materiais total da edificação (Figura 2). Os resultados mostram que de P1 para P5, a densidade de parede reduziu 20% e o consumo de material teve o mesmo decréscimo (20%) quando se analisa apenas o sistema parede e 22% no que corresponde o edifício.

### 3.2. Análise da energia incorporada (EI)

A Figura 3 apresenta a estimativa da energia incorporada (MJ/m<sup>2</sup>) devido à produção do material dos cinco projetos materiais referentes ao sistema de parede (blocos de concreto, argamassa de assentamento e argamassa de revestimento). São considerados dois cenários para cada projeto em relação a EI dos bloco de concreto: bloco com impacto máximo (M) e bloco com impacto mínimo (m); ambos blocos com dados de energia incorporada de Oliveira (2015).

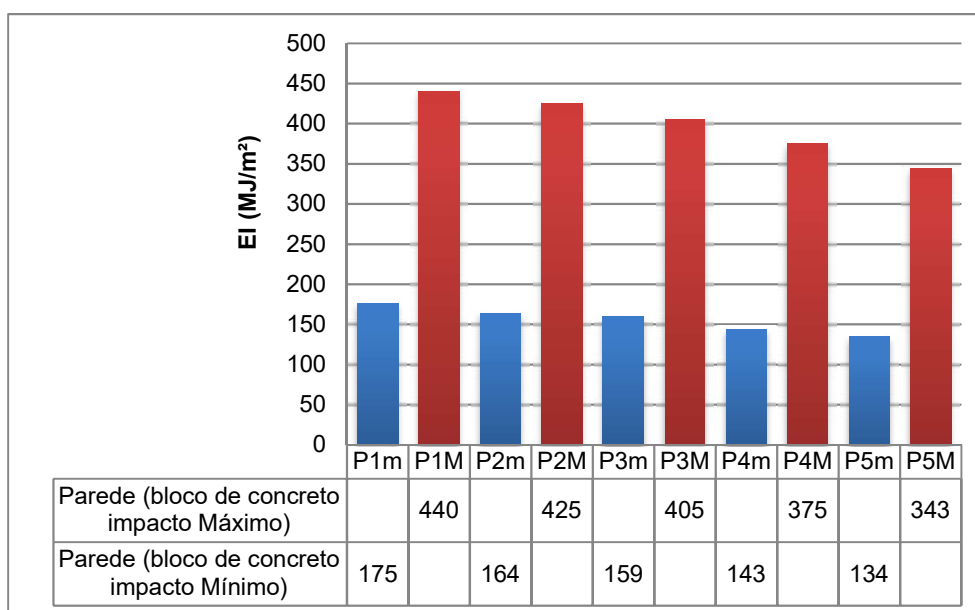


Figura 3. Energia incorporada (MJ/m<sup>2</sup>) de materiais de parede (Máximo e mínimo)



Conforme ilustrado na Figura 3, visualiza-se um mesmo comportamento em relação a redução de EI comparando-se P5 (projeto com menor índice de densidade de parede) ao P1 com o mesmo tipo de bloco, onde tem-se a redução de EI. Porém, ao comparar os mesmos projetos usando blocos de impacto mínimo (m) comparado aos mesmos projetos com blocos de impacto máximo (M) visualiza-se significativa diferença de energia incorporada da parede. Ao comparar os cinco projetos com blocos de mesmo padrão de impacto, a redução de energia incorporada entre P1 e P5 é de cerca de 22% (P1m - P5m; P1M - P5M) e aproximadamente 70% quando se compara P1M e P5m.

Na Figura 4 é apresentado o gráfico com a relação entre o índice de densidade de parede dos 5 projetos e a respectiva energia incorporada em MJ / m<sup>2</sup>.

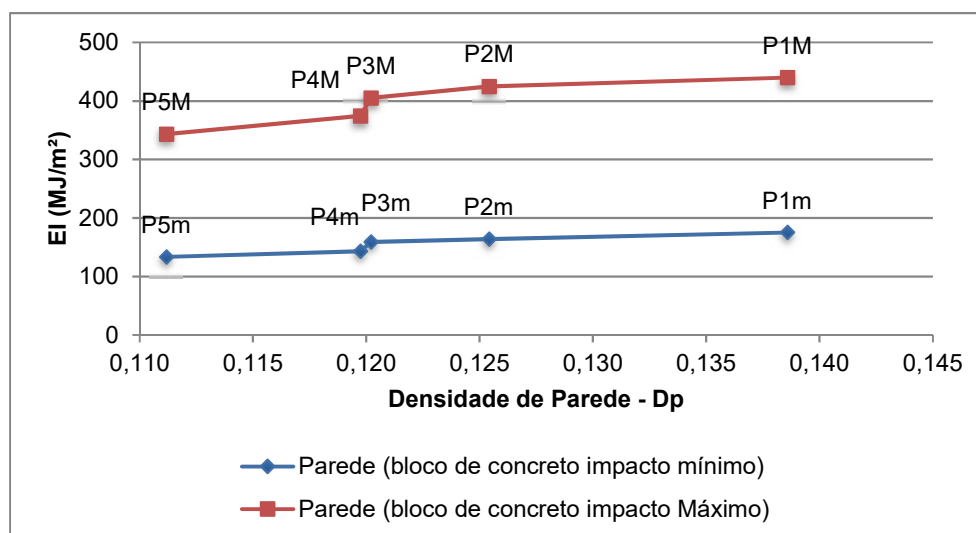


Figura 4. Relação entre densidade de parede e energia incorporada (MJ / m<sup>2</sup>) de materiais de parede (impacto máximo e mínimo)

Conforme apresentado na figura (Figura 4), fica claro uma relação entre o índice de densidade de parede e a energia incorporada dos projetos quanto as paredes. Quanto menor o índice de Dp menor energia incorporada das paredes que compõem o projeto. O que também já foi apresentado na Figura 2 que demonstra que quanto menor Dp menor consumo de materiais do projeto tanto quando se analisa somente as paredes como no edifício como um todo. Ressalta-se apenas que não foi alvo do estudo a possível influência da variação da densidade de parede e massa de material entre os projetos a outros fatores como transmitância térmica, que impacta na sustentabilidade. Também reforçar que não é objeto desta pesquisa outros fatores de análise como desempenho acústico e térmico entre os blocos analisados devido a variação de EI Máxima e mínima.

Isso demonstra a importância das decisões de projeto em relação ao impacto ambiental, considerando-se o aspecto aqui analisado que é a energia incorporada, dentro do escopo estudado e sem representar redução de área do pavimento tipo. Outra consideração que vale ser ressaltada é a importância na escolha de materiais e fornecedores, optando-se por insumos produzidos por processos de produção mais eficientes.

#### 4. CONCLUSÃO

Considerando-se os cinco projetos estudados, observou-se uma correlação entre a redução do índice de densidade de parede com a redução de consumo de materiais de construção (tendo como parâmetro os projetos completos dos EHIS) e quando analisado os insumos referentes as paredes (incluindo blocos de concreto, argamassa de assentamento e argamassa de revestimento), também obteve-se redução da energia incorporada do sistema das paredes. A redução de energia incorporada foi verificada tanto com dados dos blocos de

concreto de impacto mínimo como máximo de pesquisa de base de dados nacional, porém com considerável variação em termos de energia total. Os resultados dos projetos estudados apresentaram redução entre o projeto com menor e maior Dp de aproximadamente 20% em termos de consumo de material, 22% em energia incorporada (quando considerado mesmo padrão de impacto do bloco) podendo chegar a 70% (na comparação entre bloco de impacto mínimo e máximo).

Desta forma, tem-se dois aspectos importantes que este artigo sugere, em primeiro uma tendência de que com mesma área de projeto podem ser trabalhadas alternativas em termos de composição de planta baixa que geram maior ou menor impacto ambiental, dependendo da densidade de parede da edificação. Onde, ações voltadas à economia e otimização da construção incorporadas desde a fase de concepção são muito oportunas. O outro aspecto sugerido é a busca pela mitigação de consumo de EI com o desenvolvimento de novos materiais ou pela racionalização do processo de produção visando menores impactos, tendo em vista a grande variação como no caso dos blocos de concretos nos dados utilizados para este estudo.

Assim, evidencia-se o desafio da indústria da construção civil quanto a incorporação de questões ambientais no escopo de seus projetos e no pensamento dos profissionais envolvidos, sejam arquitetos, construtores, fornecedores ou pesquisadores do setor.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agopyan, V.; John, V. M. (2011). *O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil*. São Paulo: Blucher, 5 v.
- Berge, B. (2009). *Resources*. In: Berge, B. *The ecology of building materials - Second edition*. USA: Architectural Press - Elsevier Science, p. 3-28.
- Bissoli-Dalvi, M. et al. (2013). *Sistematização de indicadores de sustentabilidade como ferramenta auxiliar ao projetista na seleção dos materiais de construção*. *Arquitetura Revista*, São Leopoldo, v. 9, n. 2, p. 99-111.
- Brandão, D. Q. (2006). *Avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseada em aspectos morfo-topológicos e variáveis geométricas que influenciam na racionalização construtiva*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 53-67.
- Carvalho, M. T. M.; Sposto, R. M. (2012). *Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225.
- Gauzin-Müller, D. (2002). *Arquitectura ecológica*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Lobo, F. H. R. (2010). *Inventário de emissão equivalente de dióxido de carbono e energia embutida na composição de serviços em obras públicas: Estudo de caso no Estado do Paraná*. 2010. 212 f. *Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil*, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Lobo, F. H. R.; Santos, A. P. L.; Tavares, S. F. (2010). *Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 26-43.
- Neto, P. N.; Moreira, T. A.; Schussel, Z. G. L. (2012). *Conceitos divergentes para políticas convergentes: descompassos entre a política nacional de habitação e o Programa Minha Casa, Minha Vida*. *Revista Brasileira Estudos Urbanos e Regionais*, Niterói, v. 14, n. 1, p. 85-98.
- Oliveira, L. S. (2015). *Avaliação do ciclo de vida de blocos de concreto do mercado brasileiro: alvenaria e pavimentação*. *Dissertação*. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Oliveira, L. S., Pacca, S. A., John, V. M. (2016). *Variability in the life cycle of concrete block CO<sub>2</sub> emissions and cumulative energy demand in the Brazilian Market*. 114, 588-594.
- Oliveira, M.; Lantelme, E.; Formoso, C.T. (1995). *Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil: Manual de Utilização*. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 149p.

- Paulsen, J. S.; Sposto, R. M. (2013). *A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program "My House My Life"*. *Energy and Buildings*, n. 57, p. 95-102.
- Scheidt, F. S. S. et al. (2010). *Consideração de requisitos ambientais em empreendimentos habitacionais de interesse social: um estudo de caso*. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v. 10, n. 1, p. 91-106.
- Schneck, E. R. (2013). *Tipo arquitetônico em empreendimentos habitacionais de interesse social: impactos ambientais, diferenças no custo e em quesitos de habitabilidade*. 2013. 168 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo*.
- SILVA JR., N. L. (2010). *Indicadores de desempenho em projetos de arquitetura no eixo Brasília-Goiânia*. 2010. 113 f. *Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília*.
- Silva, L. P. (2012). *Análise do ciclo de vida energético de habitações de interesse social*. 2012. 185 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre*.
- Sposto, R. M.; Paulsen, J. S. (2014). *Energia incorporada em habitação de interesse social na fase pré-uso: o caso do Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil*. *Revista Oculum Ensaios, Campinas*, v. 11, n. 1, p. 39-50.
- Tavares, S. F. (2006). *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras*. 2006. 225 f. *Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis*.
- Torgal, F. P.; Jalali, S. (2010). *Introdução*. In: Torgal, F. P.; Jalali, S. *A sustentabilidade dos materiais de construção. Vila Verde, Portugal: Gráfica Vilaverdense*, p. 9-40.
- Weinstock, G. (2000). *Agenda 21 para a Construção Sustentável. Relatório CIB – Publicação 237, Novembro*.

## 6. AGRADECIMIENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS). Os autores também agradecem todas as empresas de construção que contribuíram com informações.

# VIVIENDA Y VULNERABILIDAD SOCIAL, LA NECESIDAD DE OPCIONES INDUSTRIALIZADAS CASO PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Jorge Daniel Czajkowski ([jdczajko@gmail.com](mailto:jdczajko@gmail.com)); María de la Paz Diulio ([diuliomp@gmail.com](mailto:diuliomp@gmail.com))

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. (LAyHS-FAU-UNLP) / Comisión de Investigaciones Científicas, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (CIC MCTI GBA) / Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET)) - Arg.

**Palabras clave:** Eficiencia energética, vivienda social, Buenos Aires, resiliencia, sustentabilidad.

*La Provincia de Buenos Aires mayoritariamente se encuentra a una altura de pocos metros sobre el nivel del mar en un gran terreno plano atravesado por numerosos cursos de agua. Periódicamente padece de ciclos de sequía y anegamiento con los ciclos pluviales. El cambio climático sumado a los fenómenos del niño y la niña han aumentado la frecuencia de estos ciclos. Millones de personas se encuentran localizadas en este territorio con gran vulnerabilidad ambiental. El trabajo propone el desarrollo de una solución tecnológica y productiva que se adapte a estos cambios y los resista con mínimo deterioro. Además, busca la eficiencia energética respecto de una vivienda social de producción oficial. Se muestran características del sistema y su comportamiento energético ambiental.*

## 1. INTRODUCCIÓN:

El desarrollo surge de la cooperación entre un ente de gobierno de la Provincia de Buenos Aires (PBA) y uno de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), con el fin de desarrollar un pro-totipo de vivienda industrializada para sectores sociales vulnerables, de alta eficiencia energética relativa, que cumpla la legislación vigente (Legislatura de la Provincia de Buenos Aires. 2003), colabore con reducir impactos ambientales (Vagge y Czajkowski 2012) e incorpore pautas de diseño innovadoras para ser adaptable al cambio climático. La propuesta tiene como objetivo desarrollar un tipo tecnológico habitacional que sea apropiable, sustentable en lo ambiental y en lo económico, para atender las necesidades de un sector social de alta vulnerabilidad, que se localiza en sitios a su vez vulnerables por ser bajos, inundables, carentes de infraestructura y transporte público, y en algunos casos contaminados por cercanía a industrias o basurales.

### 1.1. Villas y asentamientos precarios en la Provincia de Buenos Aires

Datos oficiales muestran una necesidad de cerca 500.000 viviendas en la PBA. El Censo Nacional de Población y Vivienda de 2010 mostraba de los 4.789.484 de hogares bonaerenses, 390.092 poseían sus necesidades básicas insatisfechas (INDEC, 2010) afectando a 1.735.759 habitantes y el 16,2% de los hogares se encontraban en situación precaria.

El informe de la Dirección Nacional de Relaciones Económicas con las Provincias (DINREP 2014) muestra que en la PBA el 11,2% de los hogares (124.415 hogares) tiene necesidades básicas insatisfechas. A nivel nacional estima que el 25% de los hogares sufre carencias habitacionales (De Santis 2012), unos 3.095.312 hogares.

El Registro público de villas y asentamientos, elaborado por la Subsecretaría Social de Tierras, Urbanismo y Vivienda de la PBA menciona que en 2016 hay 1.585 barrios caracterizados como villas y asentamientos precarios (VyAP). Bajo esta denominación se incluyen las “urbanizaciones informales producto de ocupaciones de tierra urbana vacante o de la afectación de tierras fiscales por el Estado para asentar a las familias provisoriamente, cuyas características son tramas irregulares, no son barrios amanzanados sino organizados en intrincados pasillos, con viviendas construidas con materiales precarios, alta densidad poblacional, escaso o nulo espacio verde e infraestructura autoprovista” o villas y los “barrios informales en términos dominiales, con trazados urbanos que tienden a ser regulares y planificados, y que generalmente cumplen algunas de las siguientes características: son decididos y organizados colectivamente, los ocupantes buscan legitimarse como propietarios, las viviendas tienen algún grado de firmeza y su ubicación puede encontrarse en tierras degradadas” o asentamientos precarios (Subsecretaría Social de Tierras Urbanismo y Vivienda 2016).

De todos los VyAP relevados, que incluyen un total de 420038 familias, el 20% están ubicados en localidades del interior bonaerense y el resto en los tres cordones del conurbano bonaerense (Tabla 2)

Tabla 2. Distribución de villas y asentamientos en la PBA. Fuente: Registro público de villas y asentamientos.

Ubicación dentro de la PBA	V y AP	Familias
Interior	296	29728
Primer Cordón/ Conurbano	456	199471
Segundo Cordón/ Conurbano	526	128935
Tercer Cordón	307	61904
Total general	1585	420038

El mayor crecimiento se dio en el área del Gran La Plata en el último cuarto de siglo, donde hay 164 VyAP (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) que poseen las siguientes características: ser lugares de emergencia, de ocupación no planificada, con construcciones precarias, con alto hacinamiento, con ocupación ilegal de tierras, de difícil acceso y con acceso limitado a servicios públicos (SSTUyV, 2016).

A nivel privado, el Centro de Investigación Social de la ONG Techo ha censado 1097 VyAP distribuidos en el territorio de la PBA (Funes y Spini 2016). El informe muestra que en la PBA se localiza el 55,6% de los asentamientos y villas del país albergando al 61,1% de las 397.705 familias. Un relevamiento similar 3 años antes (Gregorini 2013) mostraba 2138 asentamientos que contenían 533.110 familias.

En el distrito de La Plata, capital de la PBA, sobre una población total de 650 mil habitantes hay 26.512 familias en situación precaria localizados en 158 asentamientos y 5 villas, y el 81% (131 barrios) de estos fueron afectados por el temporal del 2 y 3 de abril de 2013. Un 31% de estos barrios permaneció anegado por 2 a 7 días y el 53% debió ser evacuado de forma total o parcial sufriendo cortes de energía eléctrica. El 40% de los barrios no recibió ayuda de ningún tipo del estado. El 64% de los habitantes de V y AP indica que su barrio se inunda, de ellos, el 74,4% se inunda toda vez que ocurren lluvias fuertes (Gregorini 2013, p. 54).

Otra vulnerabilidad responde a los sitios donde se implantan estos V y AP y ante la pregunta sobre factores de riesgo que se encuentran a menos de 10 metros, expresan que: 41% está cerca de una ribera de río o canal, 31% camino alto tráfico, 25% basural, 17% línea de tren, 12% torres alta tensión, 12% pendiente, 9% plantación forestal, 8% actividad



agropecuaria, 4% desechos industriales, 4% otros. Mostrando nuevamente la vulnerabilidad a inundaciones y contaminación (Gregorini 2013).

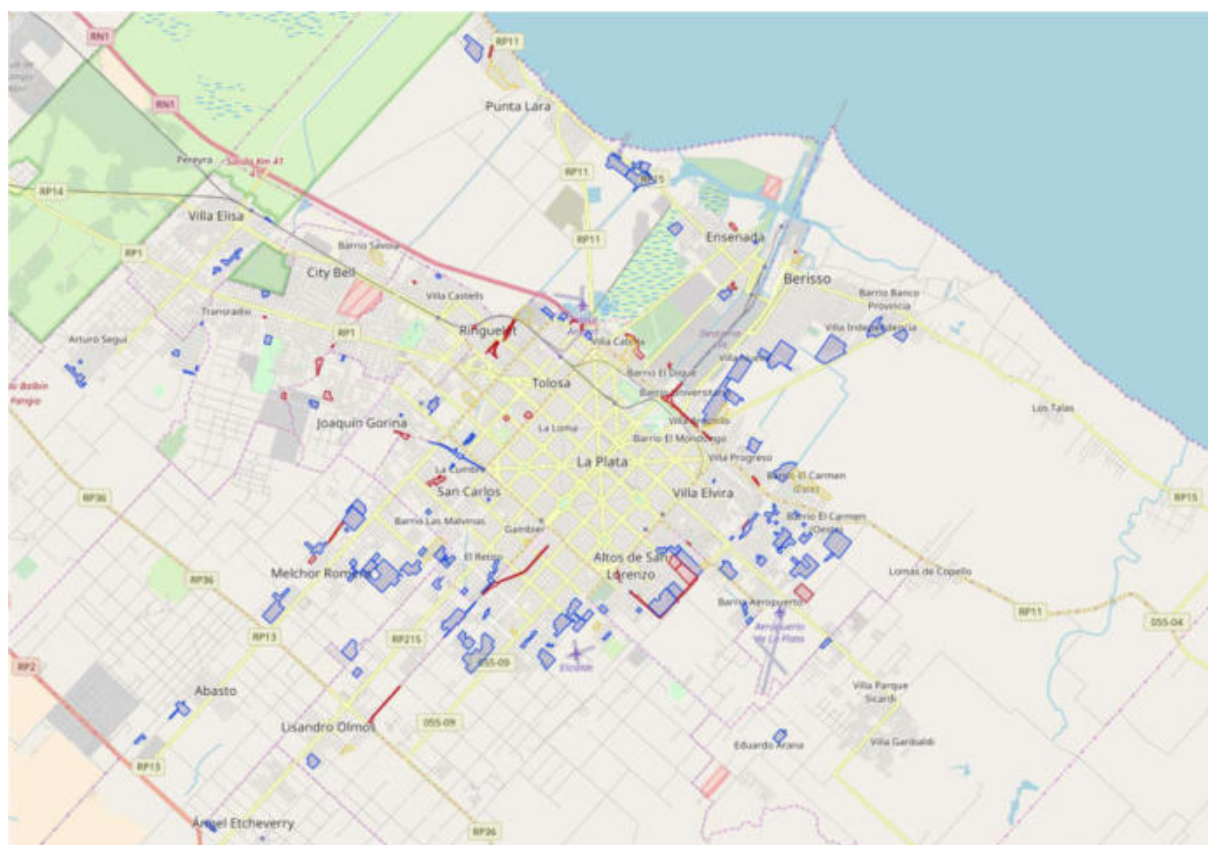


Figura 26. Gran La Plata. Villas (rojo) y Asentamientos precarios (azul). Fuente: SSTUyV.

En lo que respecta al acceso a servicios públicos en PBA, el 54,6% menciona una conexión irregular (enganchado) a la red eléctrica que en el caso del gran La Plata asciende al 83,3%. En eliminación de excretas el 61,9% usa pozo ciego, el 29,4% cámara séptica y solo el 5,2% tiene conexión a red cloacal. En el gran La Plata el 63,4% usa pozo ciego, el 26,7% cámara séptica y el 4,3% usa red cloacal. El acceso a agua potable es irregular en el 49,5% de los casos, el 33% usa agua de pozo, el 1,9% por camiones cisterna municipales y solo el 11,5% tiene servicio formal. Para el gran La Plata las conexiones irregulares suben al 69,8%, el 12,3% agua de pozo, el 14,2% servicio formal y el 3,7% otros.

A nivel energético el 93% usa garrafa de gas licuado de petróleo (GLP), el 6% red de gas natural y el 1% leña o carbón. En el gran La Plata el 97,5% usa garrafa y el 2,5% posee gas natural por red. En accesibilidad vial el 54% no posee ninguna calle pavimentada y el 19% en la calle principal. En cuanto a recolección de residuos el 20% no posee el servicio, el 15% un servicio informal o auto gestionado y solo el 38% accede a recolección regular.

A fin de presentar el desarrollo se lo localiza en la Capital de la provincia de Buenos Aires para evaluar su comportamiento energético. La certificación de aptitud técnica se verifica en los diversos climas de la provincia.

## 1.2. Antecedentes

El equipo de investigación que hoy integra el LAYHS ha trabajado en las últimas décadas en la evaluación del comportamiento energético y ambiental de viviendas unifamiliares y agrupadas en el territorio provincial (Vagge, Filippín y Czajkowski 2008; Salvetti, Czajkowski y Gómez 2009; Rosenfeld, Díscoli y Barbero 2003; Czajkowski y Brázzola 2007; Czajkowski y Corredera 2007), se hicieron desarrollos que obtuvieron premios nacionales (Czajkowski et al. 1997) y se desarrolló tecnología específica de bajo costo para alcanzar el máximo

confort higrotérmico adaptada a las viviendas de interés social (Czajkowski et al. 1997; Czajkowski 2007; Czajkowski, Gómez y Bianciotto 2008).

También son valiosos los aportes de otros equipos que han trabajado en la provincia desarrollando tecnología solar aunque con sistemas constructivos tradicionales (San Juan et al. 2010) o en la evaluación del comportamiento energético (Volantino et al. 2012; Garganta y San Juan 2012). En el ámbito nacional se ha trabajado con el ciclo de vida de sistemas constructivos livianos y pesados (Arena, Basso y Fernández Llano 2006; Volantino y Villaroel 2003) junto a la incorporación de sistemas pasivos de climatización (Mercado y Esteves 2006), incluso se han evaluado las mejoras de solarizar viviendas de interés social (Saa, Verstraete y Vilapriño 2006), que son antecedentes a considerar.

Esto justifica la necesidad de desarrollar un modelo habitacional industrializado de costo razonable, de rápida ejecución y que se adapte al riesgo de inundación resistiendo su deterioro bajo el agua. Se aspira a que el sistema alcance un razonable confort higrotérmico con mínimo consumo de energía cumpliendo normas, resoluciones y leyes vigentes, que aproveche recursos naturales, como la energía solar; que resulte una construcción intrínsecamente sólida y segura y que predomine en su construcción materiales de bajo contenido energético y bajas emisiones GEI. Como medidas optativas, se espera que pueda tratar parcialmente los efluentes líquidos emitidos, que recoja agua de lluvia, maximice el uso del suelo y posea espacios privados y semipúblicos al agruparse. Estas como premisas principales de diseño.

El desarrollo edilicio-tecnológico se denomina "aCasa-BA" y busca ofrecer una alternativa industrializada a la mayoritaria construcción tradicional que se realiza en la provincia de Buenos Aires. Se entiende como construcción tradicional a la que cuenta con las características que se detallan a continuación:

- Muros de ladrillos huecos revocado en ambas caras de espesor entre 0.15 a 0.20 m.
- Ventanas de marcos de aluminio corredizas y un vidrio generalmente sin protección adicional.
- Techos que pueden ser planos de hormigón armado ( $H^{\circ}A^{\circ}$ ) o en pendiente livianos de vigas de madera de pino cubierto de chapas onduladas.
- Fundación sobre relleno de suelo sobre pilotines o plateas de  $H^{\circ}A^{\circ}$ .
- Ausencia de aislación térmica, implicando una baja eficiencia energética con etiquetado próximo o inferior a H (IRAM 11900, 2010).
- A nivel de gestión lo más frecuente es que un municipio o grupo social u ONG firma un convenio con el Instituto de la Vivienda y este elabora el legajo de proyecto. El comitente llama a licitación y una empresa constructora privada o cooperativa lo construye teniendo libertad de adaptar el legajo técnico a su tecnología o modos de producción.

Los fondos provienen del gobierno nacional que transfiere a los comitentes y abona por avance de obra.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA "ACASA-BA"

El sistema se compone de elementos prefabricados que se montan en obra. Estos elementos están compuestos por pilotes prefabricados o hechos in-situ, sobre éstos apoyan losas de  $H^{\circ}A^{\circ}$  pre comprimido. Sobre las losas se apoyan tabiques portantes de  $H^{\circ}A^{\circ}$  sea para muros divisorios o de fachadas que se hormigonan con los marcos de puertas y ventanas. Se repiten los tabiques del segundo piso y se cubre con un techo liviano a dos aguas. Los tabiques se unen por cables de acero y luego se pos tesan con unión húmeda. Esta solución garantiza una estructura estable y de rápida ejecución.

Luego del montaje de la estructura y la colocación del techo se instala el equipo de agua caliente solar en el faldón que apunta al mediodía solar y una estructura prefabricada de perfiles de acero con la que se compone un muro Trombe-Michel. Finalmente se ejecuta el sistema de aislamiento térmico exterior (SATE) ya sea con rociado de espuma de poliuretano (PUR), placas de poliestireno expandido (EPS) o lana de vidrio sobre perfiles de chapa galvanizada y terminación en placas de fibrocemento o “basecoat” según corresponda.



Figura 2. Plantas del dúplex de 64m<sup>2</sup>. Fuente: Propia.

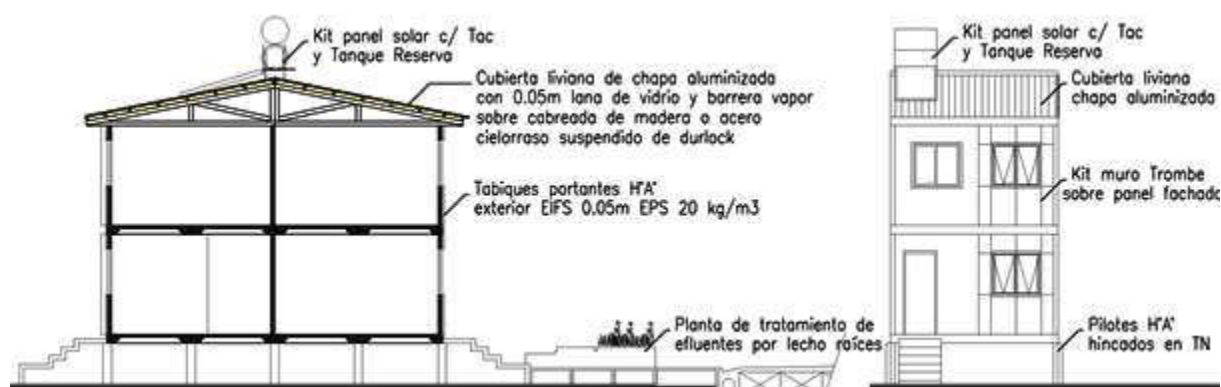


Figura 3: Corte y vista del dúplex de 64 m<sup>2</sup>. Fuente Propia.

El prototipo base es un dúplex de 64 m<sup>2</sup> de superficie total que contiene sala, baño, cocina comedor y dos dormitorios. Se provee con sistema agua fría y caliente híbrida (solar-convencional a GLP) y desagües diferenciados. Este prototipo se implanta en un lote de 4.00 x 20.00 m que deja un patio frontal de 5 m y un patio posterior de 7 m (Figura 2 y 3). De este derivan una decena de modelos en uno y dos niveles desde viviendas individuales aisladas a monobloques de tres plantas.

A nivel urbano se agrupan buscando que siempre orienten al norte, sea en el frente o fondo de las viviendas. Esta es una restricción de diseño para que funcionen con el aporte solar aprovechado por los sistemas pasivos y activos. Un 10% de las viviendas se acondiciona para personas con necesidades especiales que accederán por rampas con prototipos en un nivel en planta baja. Implica que se hayan proyectado una decena de modelos a fin de

cumplir con los requisitos usuales en planes de viviendas sean viviendas aisladas, dúplex, departamentos en monobloques, entre otros.

En la Figura 3 puede verse el modelo de vivienda elevada 1,20 m sobre el terreno con pilotes sobre los que apoyan losas premoldeadas de 2,00 x 4,00m y 0,20 m de espesor. El núcleo sanitario compuesto por baño y cocina se encuentran en planta baja y los servicios hidráulicos corren hacia la calle donde se localizan la planta de tratamiento compuesta por cámara de inspección, cámara séptica, y cámara de fito-tratamiento previo a descargar a red pública.

### 3. CARACTERÍSTICAS HIGROTÉRMICAS

Los muros en contacto con el exterior están constituidos por una capa de hormigón armado de 2000 kg/m<sup>3</sup> y 0,08m de espesor revocado interiormente con enlucido pre-elaborado de 1 cm. Hacia el exterior, se aplica pintura de emulsión asfáltica sobre el que se adhiere una capa de 0,05m de EPS de 20kg/m<sup>3</sup> o 0,035m de PUR proyectado de 30kg/m<sup>3</sup> y se termina con un “basecoat” armado con malla de 0,05 x 0,05m. de fibra de vidrio de 0,005m espesor. Estas soluciones poseen una transmitancia térmica de 0.591 W/m<sup>2</sup>K caso EPS y 0.581 W/m<sup>2</sup>K caso PUR. En ambos casos resuelto con SATE. Ver Figura 4.

En ninguno de los dos casos se presenta condensación superficial o intersticial al verificar la Norma IRAM 11625 para la región del gran La Plata con una temperatura exterior de diseño de -2.4°C. Cumple además lo establecido en el Decreto 1030/10 de la Ley 13059/03. La temperatura superficial interior es próxima a 14°C, lo que permite alcanzar la temperatura de confort interior de 18°C con aporte solar y ocupación sin calefacción adicional.

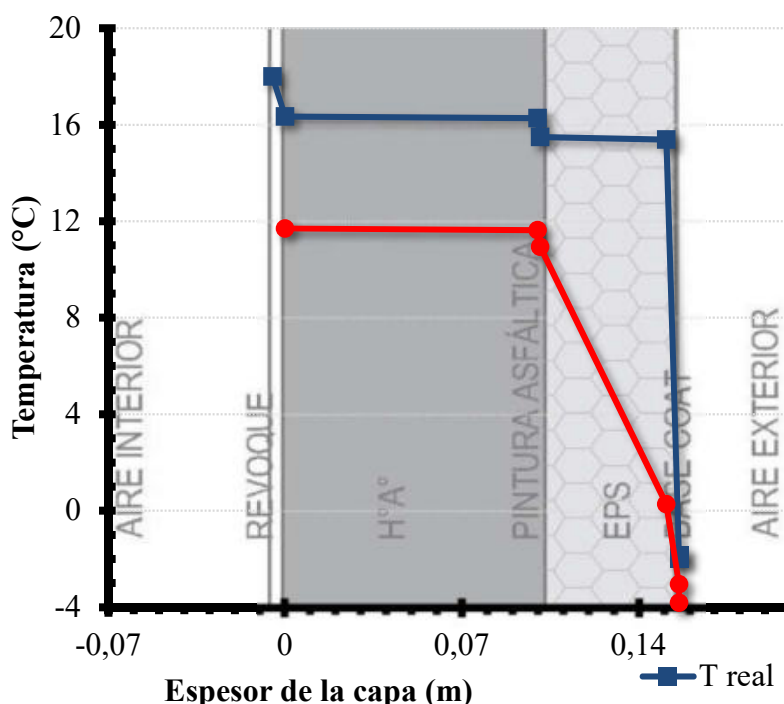


Figura 4. Condensación superficial e intersticial de muro para TDIS=-2,5°C. IRAM 11605

Las ventanas, de prestación media y doble vidrio hermético (DVH) satisfacen la Norma IRAM 11507-4, condición para cumplir con el decreto reglamentario 1030/10 de la PBA que exige una transmitancia térmica igual o menor a 4 W/m<sup>2</sup>K. Los marcos de aluminio no cuentan con ruptura de puente térmico, y el DVH de 6+12+6 otorga una transmitancia térmica K= 3.82 W/m<sup>2</sup>K. Como sistema de oscurecimiento fijo se propone un agregado interior con marco de madera y postigos plegables en terciado fenólico de 15mm o similar. Esta solución económica permitiría una mejora a K= 1.85 W/m<sup>2</sup>K.



El techo se compone de una cabreada a dos aguas realizada en madera, reticulado de hierro o perfiles estructurales de chapa galvanizada. Se cubre con chapa ondulada zincada sobre correas y 0,05 m de lana de vidrio con foil de aluminio. El ático ventilado y el cielorraso de placas de roca de yeso con 0,05m de lana de vidrio poseen una transmitancia térmica  $K= 0,364 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### 4. EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Se muestran resultados de una evaluación energética realizada al prototipo para la región del gran La Plata que posee un clima templado cálido húmedo y se encuentra dentro de la región bioambiental IIIb (IRAM 2012). La temperatura de diseño de invierno es de  $-2,4^\circ\text{C}$  y según norma corresponde al percentil 1% en 30 años para zonas periurbanas ya que en zonas urbanas puede ser hasta  $3^\circ\text{C}$  superior. Se realiza un análisis energético con el programa *AuditCAD* (Czajkowski 1999) para las situaciones de agrupamiento que contempla la vivienda exenta con aislamiento térmico homogéneo en las cuatro caras y fachada urbana orientada al norte.

Una simulación horaria de 7 días, con ocupación para 4 personas (108.86 MJ), determina un consumo de 10 kWh (931.09 MJ) en energía eléctrica y  $45\text{m}^3$  (36.00 MJ) de gas natural en las 168 horas de uso para una temperatura exterior media de  $5.5^\circ\text{C}$  para sostener  $18^\circ\text{C}$  de temperatura de confort interior. El aporte solar es de (72.33 MJ) por ganancia directa por ventanas. Figura 5.

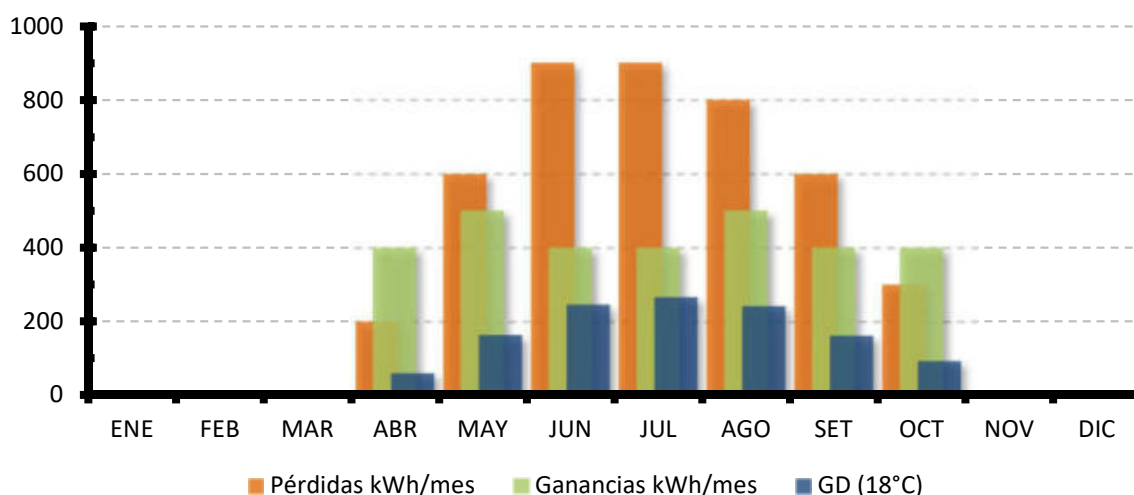


Figura 5. Demanda de energía respecto del aporte solar potencial y los grados día en calefacción (base  $18^\circ\text{C}$ ), en la vivienda. Fuente: Propia.

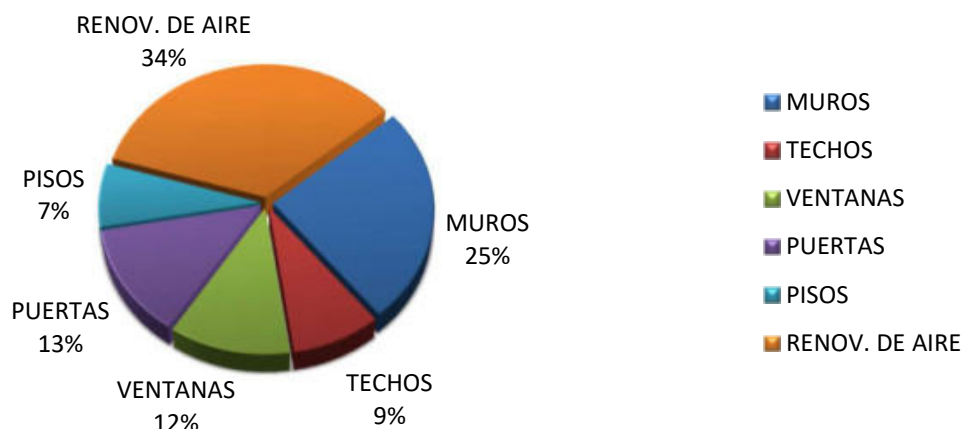


Figura 6. Distribución de pérdidas térmicas en  $\text{W}/^\circ\text{C}$  por envolvente. Fuente: Propia.



Un diagnóstico térmico muestra que la vivienda exenta de 59.3 m<sup>2</sup> y 148.2 m<sup>3</sup> a calefaccionar, tendrá una carga térmica unitaria de 146 W/°C y un coeficiente volumétrico de pérdidas térmicas de 0.98 W/m<sup>3</sup>K. La discriminación de pérdidas térmicas por envolvente da 21.2% (31 W/°C) para muros, 7.3% (11 W/°C) para techos, 22.2% (32 W/°C) para ventanas, 8.1% (12 W/°C) para puertas, 5.6% (8 W/°C) para pisos y 35.6% (52 W/°C) para 1 renovación de aire por hora. Figura 6.

En Tabla 2 puede verse la evolución de la demanda y aportes mensuales de energía y los grados día de calefacción. La expresión de "consumo con sol" corresponde a incluir al aporte solar por ganancia directa por vidriados y "consumo sin sol" a las pérdidas térmicas únicamente. Puede verse que prácticamente la mitad de las necesidades de energía podrían obtenerse por ganancia solar directa en ventanas. Esto puede mejorarse con el agregado de un captador solar pasivo y/o compensar parcialmente los días sin sol.

La demanda de energía bruta anual es de 4300 kWh/año que implica 72.5 kWh/m<sup>2</sup>año. Esto representa un consumo potencial bruto de 400 m<sup>3</sup>/año de gas natural o 6.74 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>año. En caso de considerar el aporte del sol este valor se reduce a 140 m<sup>3</sup>/año o 2.36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>año.

Tabla 2. Pérdida y ganancia (kWh) por envolvente y consumo estimado de GN y GLP

Caso La Plata. Vivienda exenta con aislamiento térmico orientada al norte.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ANUAL
Grados Día Base 18°C	-	-	-	60	164	246	267	242	162	93	-	-	1234
Pérdidas kWh	-	-	-	200	600	900	900	800	600	300	-	-	4300
Ganancias kWh	-	-	-	400	500	400	400	500	400	400	-	-	5500
Balance %	-	-	-	211	80	51	47	54	76	145	-	-	127
Consumo estimado sin sol													
GN (m <sup>3</sup> /mes)	-	-	-	20	50	80	90	80	50	30	-	-	400
GLP (Kg/mes)	-	-	-	10	40	60	70	60	40	20	-	-	310
Consumo estimado con sol													
GN (m <sup>3</sup> /mes)	-	-	-	-	10	40	50	40	10	-	-	-	140
GLP (Kg/mes)	-	-	-	-	10	30	40	30	10	-	-	-	110

Para el cálculo de las necesidades de combustibles para calefacción se utilizó el calefactor usual en el país denominado de "tiro balanceado" con un rendimiento medio de  $\eta=0.65$ . Al agruparse las viviendas, se mantiene el nivel de aislamiento térmico exterior en fachadas pero se reduce en un 60% el aislamiento térmico de los muros medianeros. Esto hace que en caso de que las casas linderas no estén calefaccionadas el consumo de energía va a aumentar en la vivienda ocupada. Así la demanda bruta de energía aumentará a 5500 kWh/año o 92.7 kWh/m<sup>2</sup>año.

En caso de utilizar calefacción con garrafas de 10kg de GLP la vivienda demandaría 9 unidades en el mes más frío (julio) sin aporte solar y 5 unidades considerando el aporte del sol. Este requerimiento probablemente excede las posibilidades económicas de los grupos familiares de estos asentamientos, a pesar de que debería agregarse una garrafa para cocción y dos para agua caliente sanitaria. Esto hace necesario profundizar el análisis para aprovechar de manera más eficiente el sol. Un segundo análisis de cargas térmicas de

refrigeración y calefacción para la vivienda considerada muestra una baja necesidad de climatización en verano y lo contrario en invierno. Esto responde a las particulares características del clima templado de la región del gran La Plata.

Las Figura 7 y Figura 8 muestran un análisis de la demanda de energía (kWh) en condición de cielo claro y cielo promedio dado que en el período frío se dan solo 30% de días con cielo claro y 70% con cielos cubiertos o semi-cubiertos según valores de 30 años del Servicio Meteorológico Nacional.

El período usual de uso de la calefacción para la población de mayores recursos es de abril a octubre, y de mayo a septiembre para el resto de los hogares. Entonces, la población de mayores recursos necesita 2464 kWh/año para mantener una temperatura interior de 18°C en condición de días claros, 2617 kWh/año para días nublados, y 2571 kWh/año bruta si se considera la relación 30/70 entre días claros y nublados.

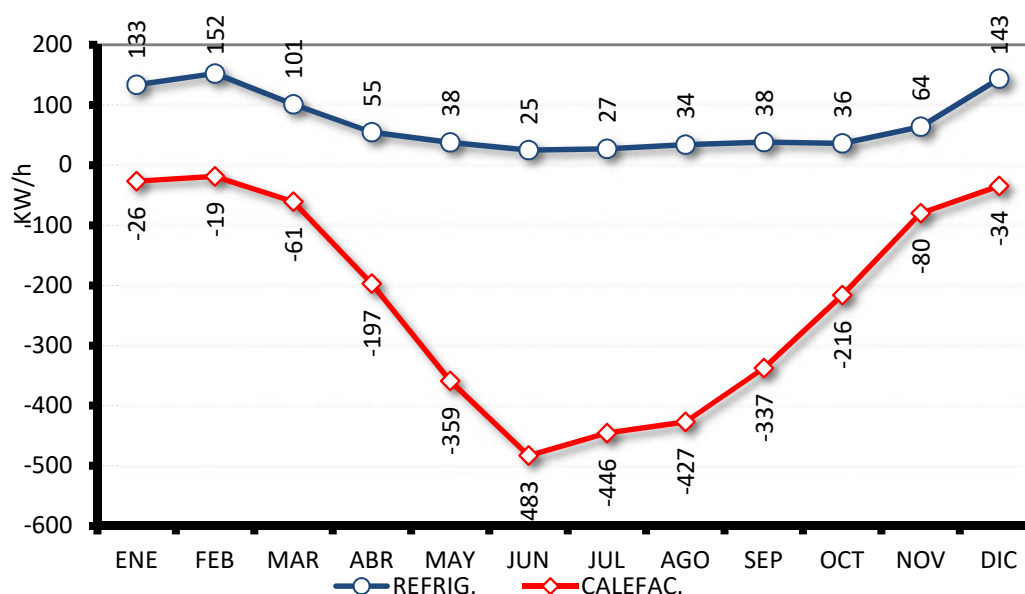


Figura 7. Demanda de refrigeración y calefacción con cielo claro. Fuente: Propia.

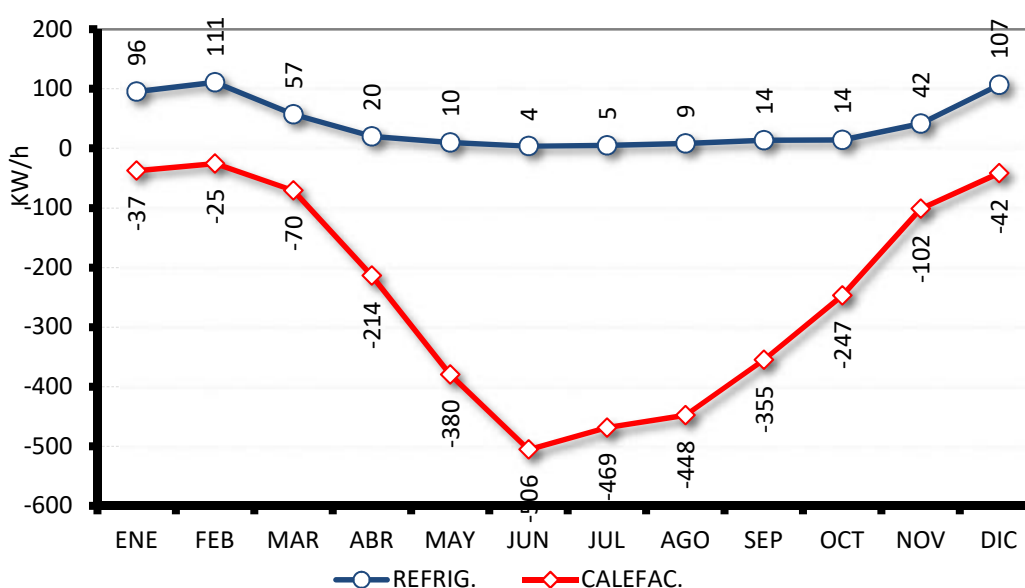


Figura 8. Demanda de refrigeración y calefacción con cielo medio. Fuente: Propia.

Dado que los combustibles más usuales son el GN y el GLP, se aplica una relación de equivalencia de 1m<sup>3</sup> de GN a 11,7 kWh. En el primer caso el consumo de gas es de 481

m<sup>3</sup>/año y en el segundo 370 m<sup>3</sup>/año. El consumo anual por metro cuadrado a calefaccionar es 7,51 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.año o 40,18 kWh/m<sup>2</sup>.año. Este valor está cerca de los 20 a 30 kWh/m<sup>2</sup>.año recomendado para viviendas de baja energía. El muro Trombe-Michel adosado se espera tenga un rendimiento del 45 a 48% para un valor medio de 7.6 MJ/m<sup>2</sup>.día en el mes de julio (Sarmiento 2007).

La propuesta cumple con lo establecido en la Ley 13059/03 y su decreto 1030/10 y con las nuevas condiciones mínimas de habitabilidad higrotérmica de la Subsecretaría de Vivienda de la Nación.

## 5. CONCLUSIONES

La realidad social del aumento de los asentamientos en zonas no aptas es seria, junto a la falta de tierras fiscales disponibles que cuenten con aptitud hidráulica. La provincia de Buenos Aires ha relevado y mapeado las zonas prioritarias mientras se emprenden programas de urbanización para los asentamientos más consolidados y programas de viviendas y barrios para los menos consolidados.

Resta una respuesta para los sitios con alta vulnerabilidad ambiental que no son pasibles de relocalización y no poseen servicios o estos demorarán en concretarse. El programa aCasa-BA busca con innovación proponer un sistema constructivo que pueda obtener un Certificado de Aptitud Técnica y luego ser licenciado a municipios, ONG y empresas constructoras reteniendo el estado provincial la propiedad intelectual e industrial.

Los análisis muestran que la factibilidad técnica es alta, además de generar oportunidades de trabajo e inversión. A la fecha el IVBA solo posee la licencia de uso de un sistema de prefabricación y/o construcción industrializada liviana y este sistema pesado aportaría una alternativa. La interacción entre el sector académico y el de gestión pública resulta satisfactoria y productiva.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENA, P., BASSO, M. y FERNÁNDEZ LLANO, J., 2006. *Análisis comparativo del ciclo de vida de envolventes livianas prefabricadas y pesadas de mampostería para viviendas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 8.*
- CZAJKOWSKI, J., 1999. *Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 3.*
- CZAJKOWSKI, J., 2007. *Alternativas sustentables para viviendas de interés social. Jornadas Red CyTED. Los Edificios en el futuro, estrategias bioclimáticas y sustentabilidad. San Luis: s.n.,*
- CZAJKOWSKI, J. y BRÁZZOLA, C.R., 2007. *Avances proyecto de investigación «Vivienda Económica Sustentable». Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 11, pp. 05.159-05.166.*
- CZAJKOWSKI, J. y CORREDERA, C., 2007. *Vivienda urbana sustentable con alta eficiencia energética en La Plata, Argentina. Actas IX Encontro Nacional y V Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construido. ANTAC. S.I.: s.n.,*
- CZAJKOWSKI, J., GÓMEZ, A. y BIANCIOTTO, M.G., 2008. *Comportamiento térmico de viviendas sociales mediante incorporación de mejoras de diseño en la envolvente. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 12, pp. 05.33-05.42.*
- CZAJKOWSKI, J., GÓMEZ, A., ROSENFELD, E., DÍSCOLI, C., FERREYRO, C., ROSENFELD, Y., GENTILE, C., HOSES, S., MARTINI, I. y BOGATTO, M., 1997. *Estrategias bioclimáticas en viviendas de interés social. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 1, pp. 137-140.*

- DE SANTIS, J.P., 2012. *El 25% de los hogares argentinos sufre de carencias habitacionales*. La Nación [en línea]. Buenos Aires, 29 junio 2012. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1486038-argentina-un-pais-con-enormes-diferencias-para-conseguir-una-vivienda>.
- DINREP, D.N. de R.E. con las P., 2014. *Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Información censal del año 2010*. [en línea]. S.I.: [Consulta: 27 septiembre 2017]. Disponible en: <http://www2.mecon.gov.ar/hacienda/dinrep/Informes/archivos/NBIAmpliado.pdf>.
- FUNES, L. y SPINI, D., 2016. *Los asentamientos y villas de la Provincia: el informe oficial y el otro*. La Tecla [en línea], pp. 30-36. Disponible en: [http://www.latecla.info/5/nota.php?nota\\_id=80461](http://www.latecla.info/5/nota.php?nota_id=80461).
- GARGANTA, M.L. y SAN JUAN, G., 2012. *Análisis del comportamiento energético y ambiental de la producción de viviendas sociales en la provincia de Buenos Aires (2003-2011)*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 14.
- GREGORINI, I., 2013. *Relevamiento de Asentamientos Informales 2013*. [en línea]. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Disponible en: [http://www.mapasentamientos.com.ar/downloads/Relevamientos\\_de\\_asentamientos\\_2013\\_BAJA.pdf](http://www.mapasentamientos.com.ar/downloads/Relevamientos_de_asentamientos_2013_BAJA.pdf).
- IRAM, 2012. *IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*. . S.I.:
- LEGISLATURA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES., 2003. *Ley 13059 Condiciones de acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de los edificios*. . La Plata:
- MERCADO, M.V. y ESTEVES, A., 2006. *Muro solar pasivo en viviendas construidas con quincha*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 10.
- ROSENFELD, E., DÍSCOLI, C. y BARBERO, D., 2003. *El consumo de energía en el área metropolitana de Buenos Aires en la década del '90: una trayectoria de desarrollo insustentable*. AVERMA, vol. 7, pp. 7.01–7.06. ISSN 0329-5184.
- SAA, M.C., VERSTRAETE, J. y VILAPRIÑO, R., 2006. *Perspectivas del ahorro energético debido a la solarización de viviendas sociales*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente2, vol. 9.
- SALVETTI, M.B., CZAJKOWSKI, J. y GÓMEZ, A., 2009. *Análisis del comportamiento energético-ambiental en torre de viviendas en La Plata*. AVERMA, vol. 13, pp. 5.127–5.133. ISSN 0329-5184.
- SAN JUAN, G., DISCOLI, C., VIEGAS, G., FERREYRO, C. y RODRIGUEZ, L., 2010. *Proyecto de viviendas bioclimáticas de interés social*. Tapalqué, Provincia de Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 14.
- SARMIENTO, P., 2007. *Energía solar en arquitectura y construcción*. S.I.: Ril Edit. ISBN 978-956-284-545-8.
- SUBSECRETARÍA SOCIAL DE TIERRAS URBANISMO Y VIVIENDA, 2016. *Registro Provincial de Villas y asentamientos*. Subsecretaría Social de Tierras, Urbanismo y Vivienda [en línea]. [Consulta: 27 septiembre 2017]. Disponible en: <http://190.188.234.6/registro/publico/>.
- VAGGE, C., FILIPPÍN, C. y CZAJKOWSKI, J., 2008. *Auditorías energéticas en Santa Rosa, La Pampa. Análisis del comportamiento energético y consumo de gas natural en edificio de vivienda*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 12, no. 1, pp. 05.57-05.64. DOI ISSN 0329-5184.
- VAGGE, C.S. y CZAJKOWSKI, J.D., 2012. *Impacto de la aplicación de la Ley 13059 de Eficiencia Energética en relación a la nueva Ordenanza de Usos del Suelo de la ciudad de La Plata y la Norma IRAM 11900 de Etiquetado de Edificios*. Ambiente construido [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 23-35. DOI ISSN 1678-8621. Disponible en: <http://www.seer.ufgrs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/17109/18759>.
- VOLANTINO, V., CORNEJO, J.E., PIZZORNO, D. y BERNACCHIA, J., 2012. *La ganancia solar y las infiltraciones de aire indeseadas en el comportamiento energético de viviendas de interés social*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 16.

- VOLANTINO, V. y VILLAROEL, Z., 2003. *Evaluación integral del comportamiento higrotérmico y energético de variantes para la construcción de viviendas en tiempos cortos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, vol. 7, no. 2.*

## **7. AGRADECIMIENTOS**

Un especial agradecimiento al Ing. Jorge Elustondo (Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación), al Ing. Alberto Torres (Presidente de la Comisión de Investigaciones Científicas CIC) y al Arq. Alfredo Irigoien, por el interés y apoyo al tema. Al Sr. Francisco Echarren (Subsecretario de Tierras, Urbanismo y Vivienda de la Provincia de Buenos Aires), la Arq. Andrea M. Álvarez y la Lic. Juliana Pistola (Dirección Provincial de Acceso Justo al Hábitat y Desarrollo Barrial) por la ayuda prestada.



# ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E LUMÍNICO DA APLICAÇÃO DE GARRAFAS PETS EM UM MODELO DE BAIXO CUSTO

Egon Vettorazzi (egon.vettorazzil@unila.edu.br); Helenice Maria Sacht  
(helenice.sacht@unila.edu.br); Pedro Henrique Martins (pedro.martins@aluno.unila.edu.br)

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) - Brazil

**Palavras chave:** Iluminação Natural, Arquitetura bioclimática, Eficiência energética, Materiais alternativos.

*O objetivo do presente estudo foi analisar a influência do uso garrafas PETs (politereftalato de etila) descartadas para iluminação natural em modelos de baixo custo e verificar o desempenho térmico e lumínico. Para isso, foi estudada a aplicação da garrafa PET em diferentes posições e realizadas medições em modelos de isopor com 50x50x50cm, no mês de setembro de 2015, em Foz do Iguaçu - PR. Para a medição dos níveis de iluminância foram utilizados luxímetros digitais, com céu limpo em três diferentes horários (10, 12 e 14h). Foram obtidas ainda, as temperaturas internas com o uso de dataloggers, para modelos com e sem a utilização de garrafas PET. Todas as medições foram realizadas simultaneamente, no interior e exterior do protótipo. Os resultados indicaram que o nível de iluminância interna no modelo com a garrafa PET posicionada no topo variou de 227 a 3560 lux. Em relação à temperatura interna, os resultados indicaram que o uso da garrafa PET não acarreta aumento de temperatura no interior do modelo.*

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia no mundo, recentemente impulsionado pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, vem aportando impactos significativos na economia em escala global. A demanda de energia cresce exponencialmente e repercute no custo da energia, impactando de maneira generalizada no preço de diversos produtos essenciais para a vida moderna e, ao mesmo tempo, se intensificam os problemas ambientais como o aquecimento global, aumento do buraco de ozônio, emissão de CO<sub>2</sub>, a escassez de água entre tantos outros.

Nesse cenário de mudanças climáticas, a arquitetura tem um papel fundamental. As edificações são responsáveis por 40% do consumo de energia primária e por 24% da emissão de gases com efeito de estufa (SHC/IEA, 2018). No Brasil as edificações consomem 51,1% da energia elétrica, o setor residencial é responsável por 25,6%, seguido do setor comercial, com 17,2%, e do setor público, com 8,3% (EPE, 2017). O consumo com iluminação, corresponde a 14% do consumo das edificações residenciais no Brasil (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A diminuição do consumo de energia representa um grande benefício social, tanto pela diminuição do impacto ambiental, quanto pela redução de gastos públicos para a produção de energia. O investimento antes gasto com o consumo energético pode ser revertido para outras necessidades dos moradores, como educação, cultura, lazer e saúde, aumentando a qualidade de vida e movimentando a economia do país. Nesse sentido, a demanda mundial por eletricidade conduz a necessidade de substituição da forma convencional de geração e uso da eletricidade por formas alternativas que diminuam o consumo de energia e que não agridam o meio ambiente. Uma dessas alternativas é apresentada nesse trabalho por meio do estudo do desempenho da utilização de garrafas PETs (politereftalato de etila) para o aproveitamento da luz natural na cidade Foz do Iguaçu – PR.

O sistema de iluminação com garrafa PET foi criado em 2001 pelo mecânico mineiro Alfredo Moser. É um artefato capaz de iluminar durante o dia, sem a utilização de energia elétrica, os ambientes da edificação. A garrafa PET cheia de água ilumina refletindo a luz do sol e, pode gerar uma economia de até 30% na conta de luz. A ideia de Moser chamou a atenção da ONG *My Shelter Foundation* em 2011 que, em parceria com os estudantes do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), e com a ajuda de diversos voluntários, passou a instalar as lâmpadas em regiões carentes das Filipinas e outros 15 países. Como a lâmpada de Moser só pode ser instalada em casas sem forro abaixo do telhado, algo comum em edificações humildes e desprovidos de energia elétrica, estima-se que até 2015, cerca de 1 milhão de pessoas carentes foram beneficiadas dessa invenção brasileira (GONTIJO, 2017).



Figura 1. Alfredo Moser e sua invenção.

Fonte: GONTIJO, 2017.

Atualmente é crescente o consumo de garrafas PETs, uma parte desta é reciclada, outra é descartada no meio ambiente e somente uma pequena parcela é reutilizada. O reuso das PETs constitui-se a forma mais eficiente energeticamente do seu aproveitamento, pois não gera o gasto de energia necessário pelos processos industriais de reciclagem. Além disso, a utilização como auxílio da iluminação natural é uma ótima opção para o reaproveitamento dos materiais e diminuição na produção de lixo. O emprego da radiação solar pelo sistema é uma excelente alternativa para aplicação como iluminação, possibilitando a redução do consumo de energia elétrica com iluminação artificial, principalmente para as edificações mais carentes. Atualmente, por se tratar de um sistema simples é somente utilizado em edificações que não utilizam laje e forro (VETTORAZZI; PIZZUTTI e STANGARLIN, 2009).

Segundo Andrade (2008), a utilização de garrafas PETs como fonte alternativa de luz se implementado de forma racional e planejada, poderá aportar melhorias à economia doméstica de populações de baixa renda e reduzir o furto de energia, além de influir positivamente na conscientização ecológica das populações locais e de reciclar lixo de alto impacto ambiental. Em 2015, de acordo com o Censo da Reciclagem de PET, o Brasil teve uma taxa de reciclagem de garrafas PETs de 51% das garrafas consumidas, totalizando 274mil toneladas (ABIPET, 2016). Porém, não há dados que demonstrem o percentual de garrafas reutilizadas dos 49% restantes.

## 2. OBJETIVO

O objetivo da presente pesquisa foi analisar o desempenho térmico e lumínico do uso de garrafa PET para favorecer as condições de iluminação natural no interior de um modelo na cidade de Foz do Iguaçu-PR.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Confecção dos Modelos

Foram confeccionados dois modelos com folhas de isopor, com 4 cm de espessura e apresentam dimensões internas de 50x50x50cm. O interior dos modelos foi pintado em cor preta fosca, de forma que houvesse somente a medição da luz direta (Figura 2 e 3).



Figura 2. Pintura do modelo na cor preta fosca.

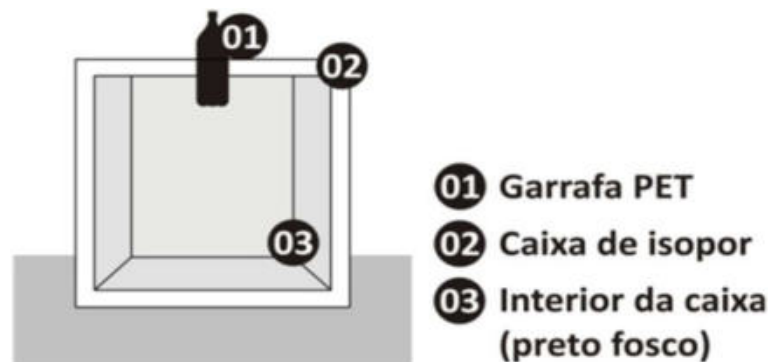


Figura 3. Esquema que representa a configuração final dos modelos.

#### 3.2. Medição de Temperaturas Internas e Externas

Em termos de desempenho térmico, foi verificado se o uso de garrafa PET para iluminação natural causaria algum incremento de temperatura no interior do modelo. Em caso afirmativo, o incentivo do uso dessa tecnologia poderia ocasionar um aumento no consumo de energia elétrica, devido à necessidade do uso de ventiladores ou sistemas de condicionamento de ar. Para realização das medições das temperaturas foram utilizados os modelos confeccionados em isopor e apresentados no item 3.1.

Em um dos modelos foi utilizada a garrafa PET na cobertura e o outro modelo foi completamente fechado. Para as medições de temperatura foram utilizados 3 *datalogers*, modelo HOBO Temp, da marca Onset, programados para registrar a temperatura a cada 10 minutos. Um *dataloger* foi utilizado na sombra, no exterior do modelo, outro no interior do modelo com uso da garrafa PET e o terceiro no interior do modelo sem uso de garrafa PET. As medições de temperaturas foram realizadas em setembro de 2015, em duas etapas diferentes: Final de Semana (das 0:00 horas do dia 12/09 às 0:00 horas do dia 13/09, totalizando de 48 horas de medições); Segunda, terça e quarta-feira (das 17:00 horas do dia 14/09 às 9:00 horas do dia 16/09, totalizando 42 horas de medições). Sendo assim, o total de medições de temperatura foram 529 no exterior do modelo, 529 no interior de cada um dos dois modelos, finalizando com o número de 1587 medições.

#### 3.3. Medições de Níveis de Iluminância

Para medição do nível de iluminância proporcionado pelo uso de garrafas PET foi utilizada somente um dos modelos apresentados no item 3.1. A garrafa PET preenchida com água foi fixada na cobertura do em diferentes disposições (Figura 4).

Os equipamentos utilizados para a medição dos níveis de iluminância, na função luxímetro foram dois Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetros modelo THDL 400 Digital Portátil. As medições foram realizadas em um único dia de setembro de 2015, ao ar livre, com céu limpo, em 3 horários distintos, especificamente às 10h, 12h e 14h. Um dos luxímetros foi posicionado no exterior do modelo, na sombra, para medir o nível de iluminância. O outro luxímetro foi utilizado para medição do nível de iluminância interno, em cinco pontos diferentes, sendo eles: Ponto central da base (PC); Centro da parede interna norte (PN);

Centro da parede interna sul (PS); Centro da parede interna leste (PL) e Centro da parede interna oeste (PO) (Figura 5).



Figura 4. Modelo com a garrafa PET fixada na cobertura móvel.

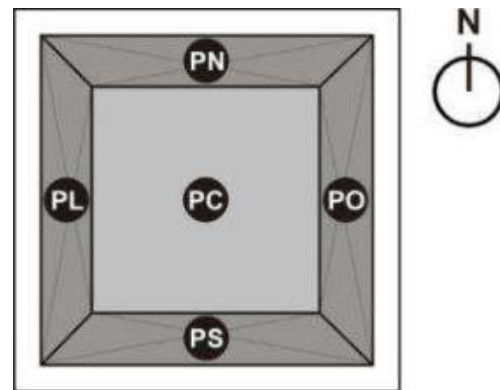


Figura 5. Localização dos pontos de medições internos (vista superior com o modelo aberto).

As medições foram realizadas considerando 4 posicionamentos para a garrafa PET (Figura 6). No total foram realizadas 20 medições no modelo para cada horário, sendo medições para cada uma das 4 posições da garrafa PET. Totalizando foram 60 medições, considerando os 5 pontos medidos.



a. Garrafa PET de pé, com metade da altura para o exterior e metade para o interior.



b. Garrafa PET de pé, com 2/3 da altura para o interior e o restante para o exterior.



c. Garrafa PET invertida, com metade da altura para o exterior e metade para o interior.



d. Garrafa PET invertida com 2/3 para o interior e o restante para o exterior.

Figura 6. Posicionamento da garrafa PET no modelo.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Desempenho Térmico: Temperaturas Internas e Externas

Em termos de temperaturas, observou-se que há pouca variação entre a temperatura no interior da caixa com PET e a caixa vazia. A maior variação ocorre com as medições externas, que em alguns momentos apresentam valores mais baixos em relação os dois modelos. Esse fato foi observado principalmente nos períodos da manhã e noite. Isso indica que no caso analisado, a utilização da PET, para auxiliar nas condições de iluminação natural pouco afeta na temperatura interna, o que viabiliza seu uso, proporcionando economia de energia elétrica para iluminação e não agregando custos para condicionamento térmico dos ambientes (Figura 7a-b).

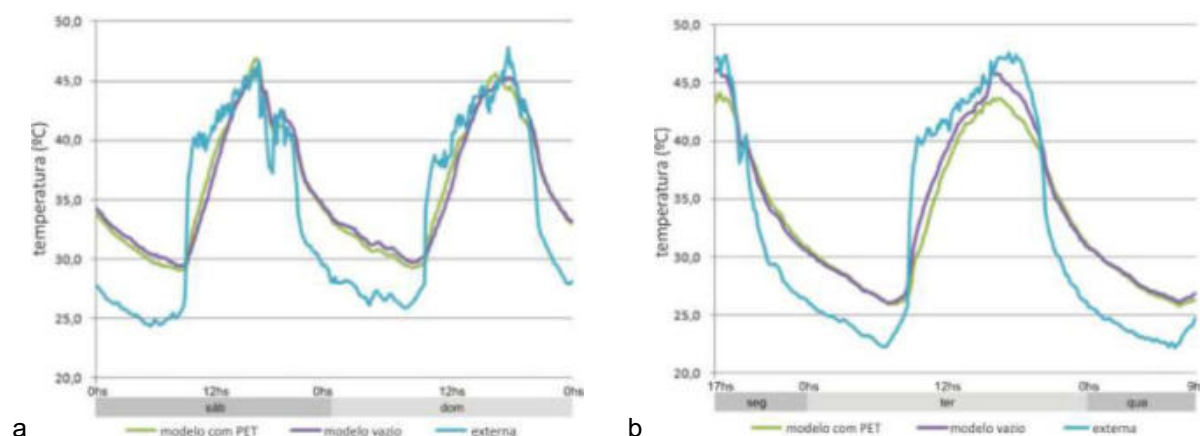


Figura 6. Final de Semana: Temperaturas internas e externas (a).

Dias de semana temperaturas internas e externas (b).

A Tabela 1 apresenta a compilação das 1587 medições de temperatura, separadas pelas médias por turno de medição. Foi possível verificar que o modelo vazio apresenta maiores temperaturas internas médias na madrugada, tarde e noite. Somente no período da manhã a temperatura do modelo vazio e com PET apresentam a mesma temperatura média. A maior temperatura do modelo vazio se justifique provavelmente pelo fato do isopor ser um material de grande resistência térmica e dificultar a transferência do calor do interior para o exterior, enquanto que a garrafa PET permite essa passagem com maior facilidade. Na média geral, o modelo com uso de PET também apresentou melhor desempenho que o modelo vazio. Já a média da temperatura externa foi inferior para manhãs e noites, enquanto que as temperaturas no interior dos modelos continuam superiores.

Tabela 1. Temperatura média por turno.

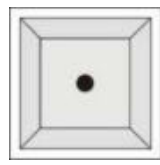




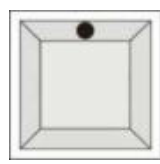




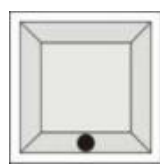




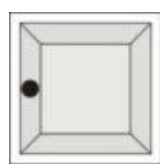




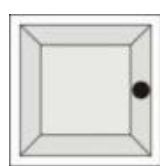




Horário	Temperatura média por turno (°C)		
	Modelo com PET	Modelo Vazio	Externa
Madrugada (0 a 6h)	29,4	29,7	25,0
Manhã (6 a 12h)	31,3	31,3	32,0
Tarde (12 a 18h)	43,0	43,7	44,4
Noite (18 a 0h)	34,8	35,1	33,2
Média Geral	34,6	35,0	33,7





## 4.2. Desempenho Lumínico: Níveis de Iluminância

A Tabela 2 apresenta os horários de medições, os pontos de medições, posição da garrafa PET no modelo e os níveis de iluminância medidos, além do percentual relativo às medições internas e externas.

Tabela 2. Níveis de iluminância de acordo com o ponto de medição, a posição da garrafa PET no modelo e os horários.

Pontos		Posição	Horários					
			10h		12h		14h	
			lux	%	lux	%	lux	%
PC		a 	520	9,45	669	18,79	395	13,08
		b 	632	11,49	870	24,44	493	16,32
		c 	1450	26,36	3560	100,00	777	25,73
		d 	1485	27,00	1532	43,03	1750	57,95
PN		a 	388	7,05	434	12,19	260	8,61
		b 	227	4,13	449	12,61	944	31,26
		c 	696	12,65	1046	29,38	675	22,35
		d 	444	8,07	442	12,42	438	14,50
PS		a 	373	6,78	285	8,01	299	9,90
		b 	308	5,60	370	10,39	329	10,89
		c 	810	17,73	625	17,56	582	19,27
		d 	600	10,91	406	11,40	432	14,30
PL		a 	2720	49,45	290	8,15	328	10,86
		b 	525	9,55	610	17,13	248	8,21
		c 	1225	22,27	457	12,84	1643	54,40
		d 	600	10,91	385	10,81	420	13,91
PO		a 	1142	20,76	440	12,36	330	10,93
		b 	617	11,22	331	9,30	384	12,72
		c 	982	17,85	1250	35,11	486	16,09
		d 	453	8,24	383	10,76	414	13,71





Legenda:

	Menor iluminância do ponto na hora
	Maior iluminância do ponto na hora

A Tabela 3 apresenta a relação da posição da garrafa PET com a quantidade de vezes que a mesma assumiu maiores ou menores valores de iluminância. É possível verificar que a melhor posição da garrafa PET para se obter um maior valor de iluminância é com a garrafa invertida, com a metade para o exterior e a outra metade voltada para o interior, sendo que por nove vezes apresentou valores maiores de iluminância.

Esse resultado demonstra que a utilização da garrafa PET de forma invertida apresenta maiores benefícios de iluminação natural do que a forma que vem sendo utilizado atualmente.

Tabela 3. Posição da garrafa PET e quantidade de vezes que a mesma assumiu valores menores ou maiores de iluminância.

Ponto	Posição	Valores de iluminância por ponto e por horário	
		Menor	Maior
a		9x	2x
b		5x	2x
c		0x	9x
d		1x	2x

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que o uso de garrafa PET para iluminação natural de modelos apresentou resultados satisfatórios, porém com resultados diferentes de acordo com o posicionamento da garrafa PET. Foi possível verificar que a melhor posição da garrafa PET para se obter uma melhor iluminação natural é com a garrafa invertida, com a metade para o exterior e a outra metade voltada para o interior, enquanto que a posição convencionalmente utilizada, com a PET de pé, metade para o exterior e a outra metade para o interior, apresenta os menores valores. Os níveis de iluminância interna no modelo com iluminado com PET teve o valor mínimo de 227 lux e máximo de 3560 lux.

Os resultados das medições demonstraram que é possível utilizar a tecnologia de garrafa PET, sem que a mesma interfira nas condições de temperatura interior, porém deve-se realizar outros estudos, considerando o uso de um maior número de garrafas e um intervalo de tempo maior. As medições da temperatura interna foram de fundamental importância para comprovar que o uso da garrafa PET, além de economizar energia elétrica através do uso de iluminação natural, não agregaria gastos com condicionamento térmico dos ambientes.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET. (2016). *Décimo Censo da Reciclagem de PET no Brasil*. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.
- Andrade, V. V.; Costa, R. V. S.; Lima, R. B. F.; Xavier, G. D.; Silveira, B. F. (2008). *Caso Ampla: como reduzir furto e consumo de energia substituindo-se lâmpadas elétricas por garrafas PET*. *Rio's International Journal*, v. 2, p. rm084-01.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. (2017). *Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016*. Rio de Janeiro: EPE.
- Gontijo, R. (2017). *Propriedade intelectual? Não obrigado. A inovação na economia criativa*. *Cadernos de Prospecção*, v. 10, n. 2, p. 154.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. (2014). *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3ª edição. Eletrobras.
- SHC/IEA – Solar Heating & Cooling Programme/International Energy Agency. (2018). *Net Zero Energy Solar Buildings*. Disponível em: <<http://task40.iea-shc.org/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- Vettorazzi, E.; Pizzutti, J.; Stangarlin, H. (2009). *Análise do emprego de garrafas PETs para o aproveitamento da luz natural em edificações da cidade de Santa Cruz do Sul-RS*. ENCAC\ELACAC-X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído

# AVALIAÇÃO TÉRMICA DE COMPONENTES DE ALVENARIAS POR MEIO DA TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

*Gabriel Carvalho da Silva (gabrielcarvalho0197@gmail.com); Pedro Igor Bezerra Batista (pibb\_pec@poli.br); Yêda Vieira Póvoas (yeda.povoas@gmail.com)*

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Pós-graduação em Engenharia Civil (POLI - UPE - PEC); Departamento de Engenharia Civil (POLI - UPE - DEC) - Brazil

**Palavras chave:** termografia infravermelha, alvenaria, termômetro digital, desempenho térmico

*Este trabalho teve por objetivo a avaliação de desempenho térmico de alvenarias por meio da termografia infravermelha. Para isso foi realizada análise térmica em três tipos diferentes de alvenaria: de tijolo cerâmico, de bloco de concreto e de gesso que foram posicionados dentro de uma câmara térmica composta por uma caixa de madeira com revestimento interno de isopor e papel alumínio, onde em seu centro interno foi alocada uma lâmpada infravermelha de 250 W. O lado frio (lado oposto a fonte de luz) foi analisada por meio de um termopar e pela câmera termográfica para verificar a passagem de calor. Os blocos apresentaram diferentes resultados, sendo comprovado um melhor desempenho térmico para os blocos de gesso.*

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência dos processos construtivos e das edificações é um aspecto de extrema relevância na construção civil que vem sendo analisada de forma cada vez mais profunda e criteriosa. Em relação ao comportamento térmico, é fundamental que as edificações sejam projetadas de maneira eficaz, visando o conforto térmico a eficiência energética. Uma das formas de examinar a performance térmica de um edifício se dá por meio da avaliação do conjunto de componentes construtivos da sua envoltória ou de ambientes específicos através de estudos relacionados aos processos de transmissão de calor.

Neste contexto, segundo Santos (2015), conhecer o comportamento térmico dos fechamentos das edificações permite aos projetistas estabelecerem estratégias para que as construções possam responder de maneira eficiente às variações climáticas, fornecendo as condições técnicas necessárias para o atendimento de critérios mínimos de desempenho, oferecendo conforto ao usuário, minimizando o uso de equipamentos de refrigeração e o consumo de energia. Uma técnica inovadora para esse tipo de análise é o uso de imagens térmicas geradas a partir da detecção da radiação infravermelha. Para isto, utilizam-se câmeras especiais que permitem mapear os gradientes de temperatura na superfície dos objetos analisados.

Segundo FLIR (2011), para interpretar as imagens térmicas corretamente, o operador precisa saber a influência de diferentes materiais e circunstâncias nas leituras. Dentre os parâmetros a serem adotados para utilização da câmera termográfica, destaca-se a emissividade que é a eficiência com a qual o material emite radiação infravermelha (calor) e depende das propriedades dos materiais da superfície. E também a temperatura refletida a qual é um parâmetro utilizado para compensar a radiação refletida no objeto e a radiação emitida pela atmosfera entre a câmera e o objeto.

Carvalho et al. (2016) em seu trabalho para avaliação do desempenho térmico de amostras de parede realizou um ensaio de termografia infravermelha, que consistiu a submeter uma das faces de cada bloco a uma das fontes de calor. Com ensaio de aproximadamente 69 minutos de duração é possível analisar a dissipação de calor e a diferença de temperatura entre as faces quente e fria.

Outra maneira de verificar a temperatura em simulações é através de termopares de contato. Silva, Cahino e Melo (2012) utilizaram termopares de contato no centro das superfícies em seu estudo sobre análise térmica de blocos de concreto com resíduos, foi possível realizar uma comparação, observando-se a variação da temperatura na face não aquecida durante o tempo.

Além de estudos experimentais, pode-se ainda, calcular os parâmetros térmicos de componentes e sistemas por meio da NBR 15220 – Desempenho térmico de edificações (ABNT, 2005) que estabelece a metodologia de cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações, como a resistência térmica, transmitância térmica, a capacidade térmica e o atraso térmico.

Com base nisto, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa do comportamento térmico de três mini paredes através da termografia infravermelha e termopares de contato em ensaio em câmara térmica.

## 2. METODOLOGIA

Para a realização do ensaio foi utilizada uma câmara térmica, confeccionada pelo autor, de dimensões 42 x 42 cm, composta por uma caixa de madeira com revestimento interno de isopor e papel alumínio, onde em seu centro interno foi alocada uma lâmpada infravermelha de 250 W conectada a um dispositivo tipo dimmer para controle da temperatura (Figura 1).



Figura 1: Câmara térmica.

Os protótipos foram confeccionados no Laboratório Avançado de Construção Civil (LAAC) da Universidade de Pernambuco. Os materiais foram obtidos de fabricantes e fornecedores locais e preparados pelos autores.

Foram confeccionados 3 tipos de blocos, uma mini parede de tijolo cerâmico, um bloco de concreto e outro de gesso. O primeiro deles contou com tijolos convencionais de 8 furos com dimensões de 9 x 19 x 19 cm e assentados com argamassa industrializada com junta de 10 mm, aproximadamente. O bloco de concreto com dimensões 11,5 x 19 x 39 e assentado com argamassa industrializada com junta de 10 mm, aproximadamente. E por último o de gesso vazado, com dimensões 10 x 42 x 42 cm (Figura 2).



Figura 2: Blocos.

Para registro das temperaturas durante o aquecimento foram utilizados termopares de contato fixados no centro das minis paredes (posição do foco da fonte aquecedora) em ambos os lados e conectados a um termômetro com data logger integrado com precisão de 2°C, programado para coletar as temperaturas de ambos os lados a cada 1 minuto (Figura 3).



Figura 3: Termômetro Digital e Termopar de contato.

Durante o ensaio, foram ainda feitos termogramas da face oposta à fonte de calor a cada 30 minutos mediante uma câmera infravermelha. A câmera termográfica utilizada nessa pesquisa foi a FLIR E60 fabricada pela empresa FLIR Systems (Figura 4). Suas principais características técnicas estão apresentadas na Tabela 1.



Figura 4: Câmera termográfica modelo FLIR E60.

Tabela 1: Características básicas da câmera.

Função	Descrição
Resolução IR	320 x 240 pixels
Resolução MSX	320 x 240 pixels
Sensibilidade Térmica	< 0.05 °C
Precisão	±2°C ou ±2% de leitura
Faixa de temperatura	- 20 °C a 650 °C
Câmera de vídeo	3.1 MP



A emissividade adotada para a superfície do tijolo cerâmico e dos blocos de concreto e de gesso, foram, respectivamente, 0,94, 0,92 e 0,90 indicadas na Tabela B.2 da NBR 15220 (ABNT, 2003) e a temperatura refletida é considerada a mesma do ambiente, nesse caso a temperatura de 25°C para todos os blocos, baseado em Marinolski et al. (2010), que afirma que a temperatura refletida tem pouca influência em objetos de alta emissividade e posicionados em curtas distâncias em relação a câmera, ambos casos desta pesquisa.

### 3. RESULTADOS

A Figura 5 apresenta os termogramas do tijolo cerâmico com seus respectivos horários e a temperatura nos centros. Em seguida, a Tabela 2, com informações dos termogramas. Durante os primeiros 30 minutos há uma pequena variação da temperatura no centro da mini parede, porém é possível notar uma passagem de calor mais significativa na hora seguinte. No decorrer do tempo do ensaio a temperatura variou 4,6 °C.

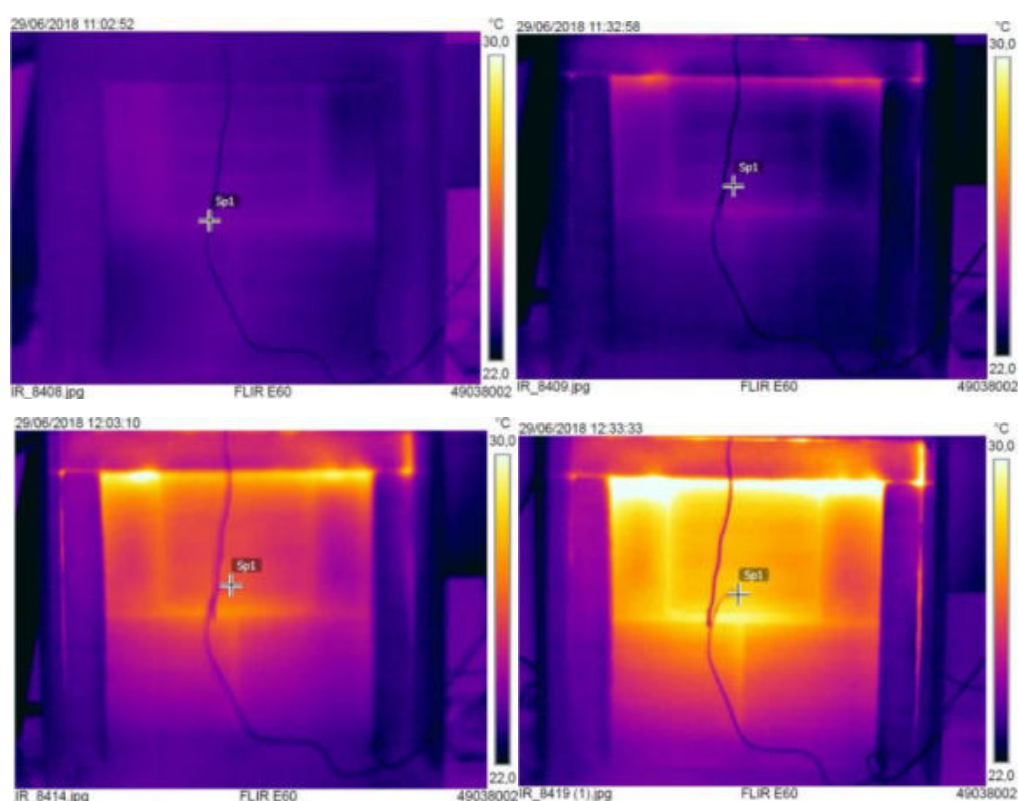


Figura 5: Termogramas da mini parede de tijolo cerâmico.

Tabela 2: Temperatura catalogada pelos termogramas no centro do tijolo cerâmico.

Tempo	Temperatura no centro
CE 90- 00:00	Sp1: 23,3 °C
CE 90- 00:30	Sp1: 23,7 °C
CE 90- 01:00	Sp1: 25,7 °C
CE 90- 01:30	Sp1: 27,9 °C

Posteriormente na Figura 6, seguida da Tabela 3, apresentam-se os termogramas do bloco de concreto com seus respectivos horários. Nos primeiros 30 minutos de ensaio o bloco de concreto apresenta resistência a passagem de calor, logo não variando a temperatura da superfície em contato com o ambiente. Nos 30 minutos seguintes ocorre uma variação de quase 1 °C. Entretanto é nos últimos 30 minutos de ensaio que a passagem de calor é mais acentuada tendo variação de 1,9 °C. Ocorrendo uma variação total de 2,8 °C.

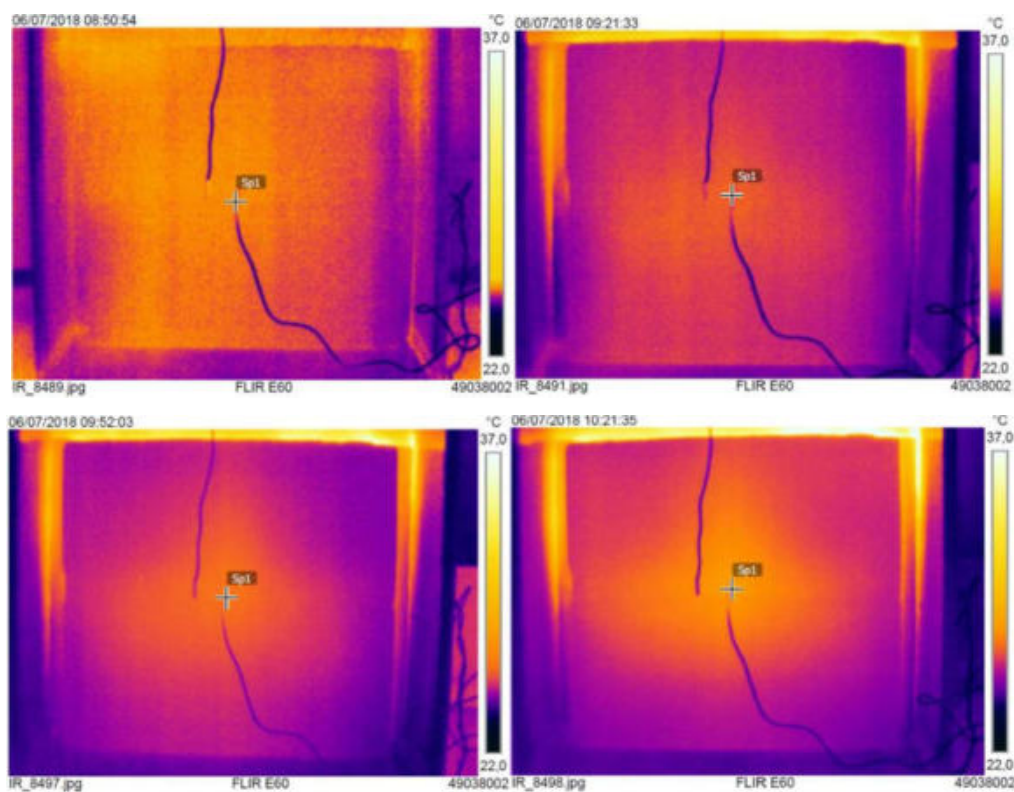


Figura 6: Termogramas do bloco de concreto.

Tabela 3: Temperatura catalogada pelos termogramas no centro do bloco de concreto.

Tempo	Temperatura no centro
CO 115- 00:00	Sp1: 25,3 °C
CO 115- 00:30	Sp1: 25,3 °C
CO 115- 01:00	Sp1: 26,2 °C
CO 115- 01:30	Sp1: 28,1 °C

Por último na figura 7, seguida da tabela 4, apresentam-se os termogramas do bloco de gesso com seus respectivos horários. O bloco de gesso possui resistência nos primeiros 30 minutos de ensaio, e é aos 45 minutos que pode-se perceber uma pequena variação na sua temperatura. A variação total é de 2,4 °C.

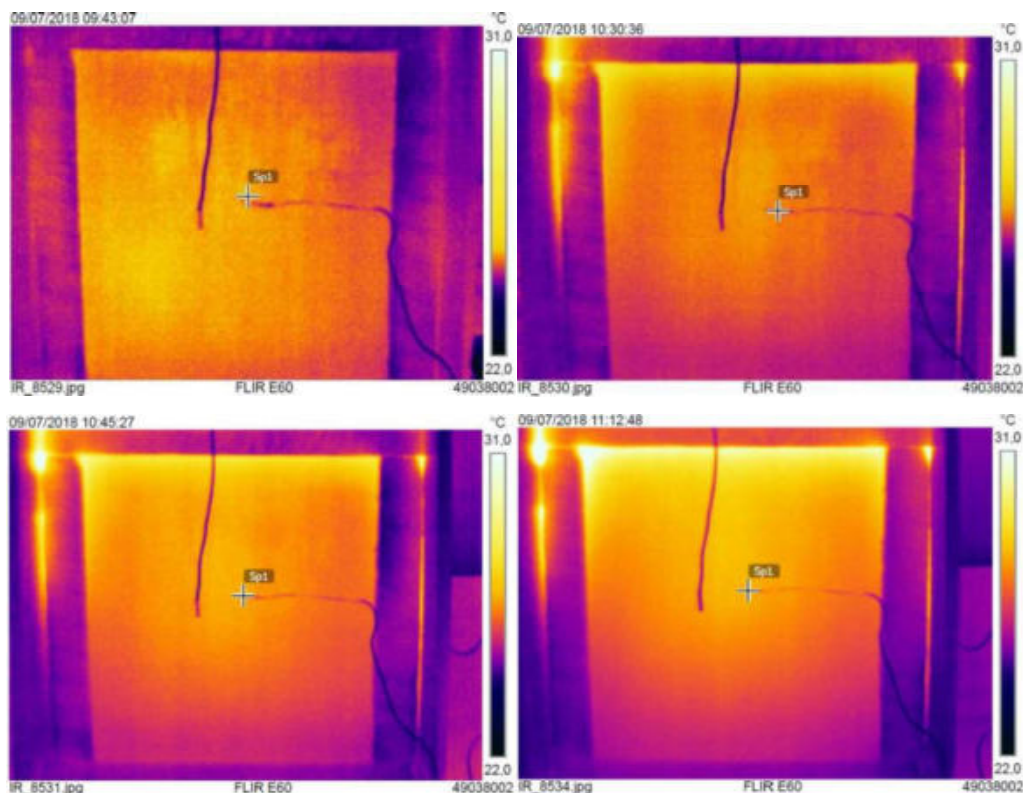


Figura 7: Termogramas do bloco de gesso.

Tabela 4: Temperatura catalogada pelos termogramas no centro do bloco de gesso.

Tempo	Temperatura no centro
GS 100- 00:00	Sp1: 25,0 °C
GS 100- 00:45	Sp1: 25,8 °C
GS 100- 01:00	Sp1: 26,4 °C
GS 100- 01:30	Sp1: 27,4 °C

Comparando com os valores catalogados pelo termômetro digital, todos os valores dos termogramas e termopares possuem temperatura aproximada, demonstrando a eficácia da termografia infravermelha para catalogar gradientes de temperatura. A figura 8 mostra que o tijolo cerâmico possui a variação mais linear entre todos os blocos, e também é o bloco onde ocorre maior passagem de calor.

Tanto o bloco de concreto quanto o de gesso possuem resistência a passagem de calor nos primeiros 30 minutos, e logo após esse momento é que começam de fato a variar a temperatura da superfície. A diferença se dá em questão do bloco de concreto variar mais rápido do que o de gesso após o primeiro intervalo de tempo (Figuras 9 e 10).

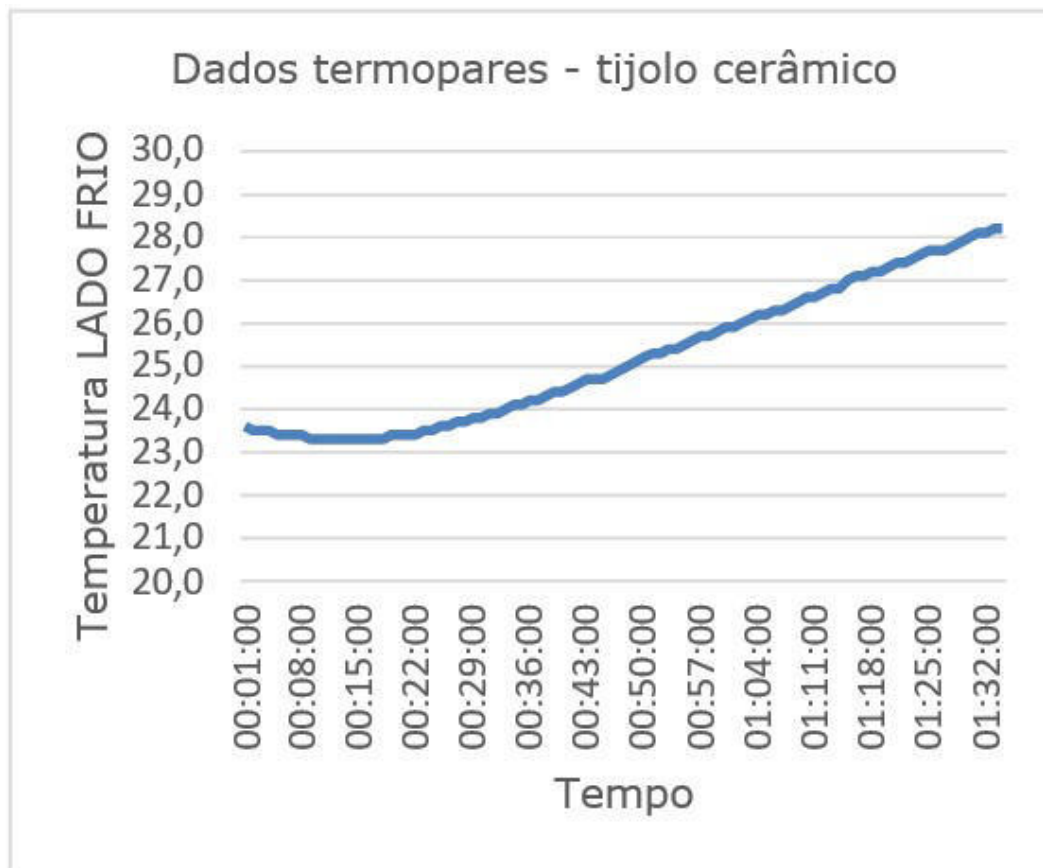


Figura 8: Gráfico da temperatura em relação ao tempo da superfície da mini de tijolo cerâmico catalogados pelos termopares.

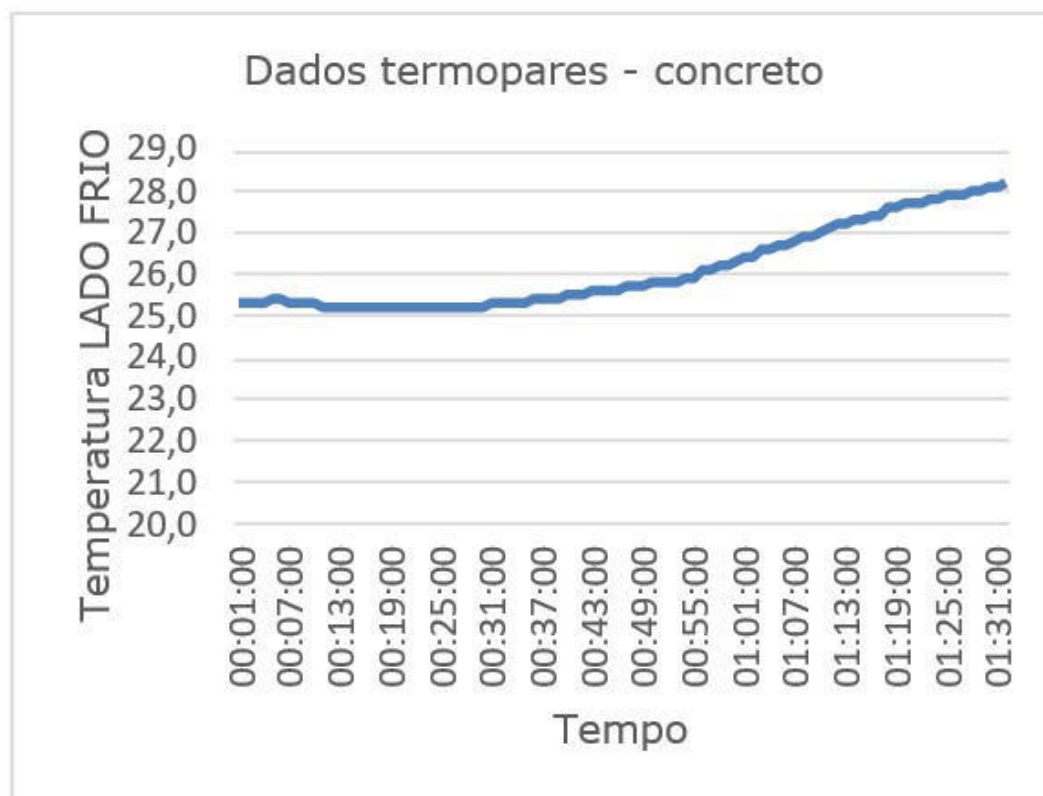


Figura 9: Gráfico da temperatura em relação ao tempo da superfície do bloco de concreto catalogados pelos termopares.



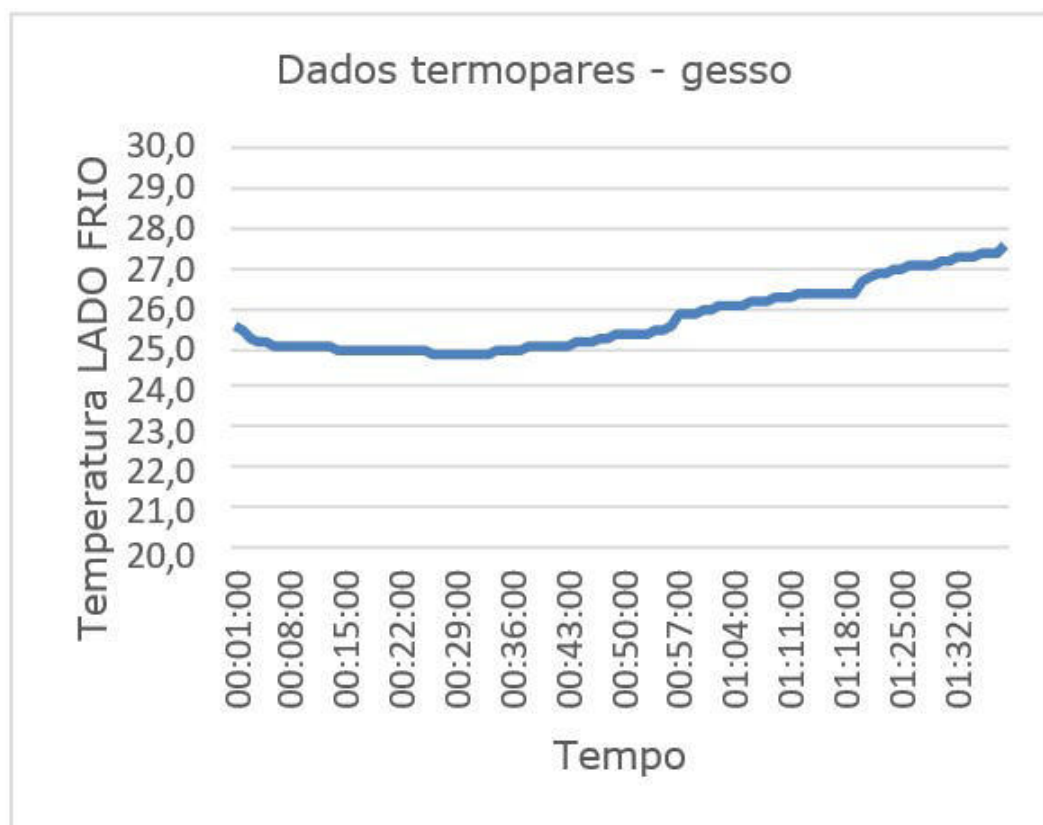


Figura 10: Gráfico da temperatura em relação ao tempo da superfície do bloco de gesso catalogados pelos termopares.

#### 4. CONCLUSÃO

Como apresentado neste trabalho, as imagens em infravermelho são meios efetivos para uma análise térmica de materiais de construção.

Em todos os aspectos a passagem de calor no tijolo cerâmico é maior, ou seja, o bloco apresenta uma menor resistência térmica. Por isso não sendo considerado não eficaz para se usar em ambientes quentes.

O bloco de concreto, mesmo apresentando uma certa resistência a transferência de calor entre as superfícies nos primeiros 30 minutos, como o de gesso, ainda não é tão indicado quanto este último. Pois nos últimos intervalos de tempo vê-se uma transferência de calor mais acelerada, corroborando que só apresenta boa resistência no início do ensaio.

Tanto pelos termogramas quanto pelos termopares o bloco de gesso apresentou uma melhor resistência térmica entre todos os blocos. É também de fácil percepção que ele apresenta melhor resistência tanto na variação total quanto em todos os intervalos de tempos entre as fotos dos termogramas. Por isso, pode ser considerado um excelente material quando se quer evitar que a temperatura de uma área afete uma construção, tal e qual em locais de climas quentes como por exemplo a zona bioclimática 8 do Brasil.

Com foco no Brasil, o gesso é uma riqueza natural da região nordeste, e atualmente, a localidade de maior produção de gesso é em Pernambuco. A região nordeste é uma região de clima quente, porém possui um material que como apresentado neste trabalho se demonstrou um excelente isolante térmico. Unindo o útil ao agradável utilizar mais o gesso em processos construtivos é um avanço considerável para engenharia civil no quesito desempenho térmico.



## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR 15.220: *Desempenho térmico de edificações, parte 3*. ABNT, Rio de Janeiro, 2003.
- CARVALHO, M.; LANDELL, R.; GHILARDI, G.F.; AMICO, S.C. *Análise do desempenho térmico de blocos estruturais cerâmicos preenchidos com materiais leves utilizando termografia*. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. Anais...* Natal: 2016
- FLYR SYSTEMS, *Thermal Imaging guidebook for building and renewable energy applications*. 2011. MARINOSKI, D. L.; SOUZA, G. T.; SANGOI, J M.; LAMBERTS R. *Utilização de imagens em infravermelho para análise térmica de componentes construtivos*. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais...* Canela: 2010.
- SANTOS, J. C. P; KOTHE, K. K.; MOHAMAD, G.; VAGHETTI, M. A., RIZATTI, E. *Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira*. *Revista Matéria*, v.20, n.4, 2015.
- SILVA, E. P.; CAHINO, J. E. M; DE MELO, A. B. *Avaliação do Desempenho Térmico de Blocos EVA*. In: *ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, .14, Juiz de Fora, 2012. Anais...* Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

# EVALUATIONS AND THERAPIES OF PATHOLOGICAL PROBLEMS IN WALL, FLOOR, CEILING AND FACADE COATINGS: CASE STUDY OF HOSPITAL BUILDING IN BRAZIL

Pedro Igor Bezerra Batista (*pibb\_pec@poli.br*); José Vitor da Silva Macedo (*jose.vitor\_@hotmail.com*); Amanda Peixoto Pereira (*app\_pec@poli.br*); Yêda Vieira Póvoas (*yeda.povoas@gmail.com*); Alberto Casado Lordsleem Jr. (*acasado@poli.br*)

Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (Poli - UPE) - Brazil

**Keywords:** building inspection; pathological manifestation; coating; hospital building; therapy.

*This work aims to investigate the pathological manifestations incident to a public hospital, in order to describe the diagnosis and possible recovery measures. The methodology included the realization of building inspections, collection of information with managers, analysis of architectural projects. The inspections included filling up checklist, photographic report and analysis of the manifestations through damages maps for later formulation of diagnosis, prognosis and suggestion of recovery measures. It is concluded that there are several pathological manifestations in the coatings (ceiling, floor, wall and façade) which occur systematically and at various levels of intensity, evidencing the absence of a management plan and integrated execution of maintenance services of the coating system.*

## 1. INTRODUCTION

Desde a fase de construção até o fim da vida útil, as edificações estão susceptíveis à degradação de seus sistemas construtivos, porém, as ações planejadas de manutenção podem garantir o desempenho ao longo da vida útil do edifício (Tutikian e Pacheco, 2013). Além de ocasionar benefícios à edificação, a manutenção de edifícios se tornou obrigatória no Brasil desde a publicação da NBR 5674 (ABNT, 2012). Neste sentido, a fim de se promover a manutenção predial, faz-se necessário a realização de inspeções prediais periódicas para identificação, diagnóstico, prognóstico, e terapia das manifestações patológicas incidentes.

O Instituto Brasileiro de Perícias de Engenharia (IBAPE) define a inspeção predial como “uma avaliação técnica do estado de conformidades de uma edificação, com base nos aspectos de desempenho, vida útil, segurança, estado de conservação, manutenção, utilização, operação, observando sempre o atendimento às expectativas dos usuários” (IBAPE, 2012, p. 27). Durante as inspeções prediais são vistoriados os diversos sistemas de uma edificação, como estrutural, vedação, cobertura, instalações e de revestimento.

Existem diversas formas de apresentação dos resultados nos relatórios. Uma maneira é através de gráficos de incidência, que visam descrever quantitativamente as ocorrências dos problemas e os mapas de danos que, segundo Costa (2010), são definidos como a linguagem gráfica utilizada para representar o dano encontrado, podendo abranger várias formas de representação, tendo-se as mais usuais: símbolos, linhas, manchas de cores, manchas de texturas, índices de letras ou números, fotografias, mapas com fichas técnicas, ortoimagens ou textos descritivos, além de poder-se associar mais de uma linguagem gráfica num mesmo mapa de dano. A utilização desta representação gráfica é ainda mais eficiente na identificação de sistemas construtivos expostos, como é o caso dos revestimentos, objeto deste trabalho.

Segundo Deutsch (2016), o sistema de revestimento constitui o acabamento final, cuja funções principais são a proteção do sistema estrutural e de vedação. Além disso, sendo o revestimento um sistema construtivo exposto e, portanto, mais sensível aos usuários, o seu nível de desempenho tem efeito direto na sensação de conforto dos usuários de uma edificação. Parte dos revestimentos a ser analisado é o da fachada que, segundo Faro (2013), é fonte de problema recorrente em Recife, sobretudo o de descolamento de placas cerâmicas, devido à complexidade de sua execução e a inabilidade de parte dos que se propõe a fazê-lo.

Neste sentido, o objeto deste trabalho é uma edificação de uso hospitalar localizada na cidade de Recife-PE, Brasil. Com base nestes aspectos, este trabalho busca investigar as manifestações patológicas incidentes nos revestimentos do Hospital do Câncer de Pernambuco (HCP), visando descrever o diagnóstico e as possíveis medidas de recuperação.

## **2. PESQUISA DE CASO**

O presente trabalho seguiu as recomendações de inspeção predial do IBAPE (2012) e as prescrições das normas brasileiras relativas a perícias de engenharia, manutenção e desempenho das edificações: NBR 13752 (ABNT, 1996) e NBR 5674 (ABNT, 2012).

### **2.1. Metodologia**

Foram realizadas 3 vistorias na edificação para contato e coleta de informações com os gestores responsáveis pela administração e gerência da manutenção, e para observação e registro das manifestações patológicas, de onde se buscou informações para subsidiar a anamnese e o futuro diagnóstico dos problemas. Ademais, foram produzidos mapas de danos do primeiro pavimento para melhorar a visualização dos problemas identificados e focar os esforços de terapia em regiões mais afetadas.

### **2.2. Vistoria da edificação**

#### **2.2.1. Descrição da Edificação**

O edifício alvo deste estudo, o bloco 13, é parte de um grande complexo hospitalar situado na cidade de Recife - PE. Este bloco tem aproximadamente 3000 m<sup>2</sup> com capacidade de até 100 leitos e possui 4 pavimentos que comporta salas como consultórios, centro cirúrgico, salas de quimioterapia, laboratório de análise clínicas, auditório, além das salas para uso dos funcionários.

#### **2.2.2. Descrição dos revestimentos de parede, piso e teto observados**

Todo o revestimento das paredes internas é de base cimentícia, com chapisco, emboço e reboco (ainda comum na época da construção). A variação ocorre na camada final, encontrando-se com uma maior frequência o acabamento em pintura lavável em toda altura da parede. Além da pintura como acabamento, existem ambientes com fórmicas de madeira e com placas cerâmicas.

As paredes externas (fachada), cujo aspecto arquitetônico é bastante simples, com ausência de detalhes, reentrâncias ou saliências, também possuem revestimento em argamassa, com chapisco, emboço e placas cerâmicas. Na Figura 1 é possível observar uma das fachadas da edificação, objeto desse estudo.



Figura 1. Fachada frontal.

Os pisos são, predominantemente, em placas vinílicas fixadas com cola de contato. As áreas molháveis como banheiros e salas de limpeza têm placas cerâmicas esmaltadas como acabamento do piso. Alguns ambientes, recentemente reformados, como as escadas, também possuem placas cerâmicas como acabamento do piso.

A edificação conta com tetos em pintura com tinta lavável tanto no fundo da laje superior quanto em forros com placa de gesso. O Quadro 1 apresenta um resumo das características dos revestimentos presentes na edificação.

Quadro 1. Tipos de revestimento encontrados.

Local	Revestimento	
	Base	Acabamento
Parede Interna	Revestimento em argamassa (substrato em tijolos cerâmicos)	Fórmica em madeira
		Pintura (tinta lavável)
		Placa cerâmica esmaltada
Fachadas	Revestimento em argamassa (substrato em tijolos cerâmicos)	Placa cerâmica esmaltada
Piso	Contrapiso em argamassa (substrato em laje de concreto armado)	Placa vinílica
		Placa cerâmica esmaltada
Teto	- Revestimento em argamassa (substrato em laje de concreto armado) - Forro em placa de gesso (substrato em laje de concreto armado)	Pintura

### 2.2.3. Identificação das manifestações patológicas

O processo de levantamento de danos foi feito em quatro etapas: identificação das anomalias, marcação dos problemas na planta baixa, fotografia das manifestações patológicas e o preenchimento das Planilhas de Registro dos Problemas Patológicos (PRPP) elaborada. Na etapa de identificação das anomalias foi realizada uma inspeção táctil-visual com o objetivo de detectar o problema visualizado, e então, na etapa subsequente, marcou-se os problemas com cores distintas na planta baixa de modo a localizar cada um no ponto de ocorrência. Para organização e uma posterior conferência dos dados coletados, fotografias foram feitas e as PRPP (Figura 2) foram preenchidas.

CHECK-LIST - INSPEÇÃO PREDIAL											
Obra: Hospital do Câncer de Pernambuco						Data da visita: 13 agosto 2017					
Resp. preenchimento: Eng <sup>a</sup> Amanda Peixoto											
PAVIMENTO: 1º (PRIMEIRO)											
PISO	TIPO DE REVESTIMENTO	FOTO	CHECK - LIST							Observações gerais	
			Não avaliado / sem acesso	Desgaste superficial	Falha na junta de dilatação	Ausência/quebra de placas	Falha/ausência no rejuntamento	Fissuras	Placas diferentes		Manchas
A	VINÍLICO	9 -10		X				X	X		Vinílico azul
B	VINÍLICO	13 - 14		X					X		Vinílico azul
C	VINÍLICO	25 - 28			X			X			Vinílico azul
H	MOSAICO CERÂMICO	62 - 65		X						X	

Figura 2. Exemplo de PRPP preenchida.

A inspeção se deu no primeiro pavimento da edificação, ocorrendo por ambiente e com enfoque nas três regiões objetos de investigação deste trabalho: parede, piso e teto. Além do 1º pavimento, foi realizada inspeção visual nas fachadas. Encontraram-se alguns pontos de descolamento do revestimento, falhas por desgaste das juntas de movimentação e presença de mofo/bolor em grande parte das juntas das placas cerâmicas (Figura 3).



Figura 3. Problemas na fachada com acabamento em placa cerâmica.

As principais manifestações patológicas nos pisos foram o desgaste superficial, manchas, fissuras e ausência de placas nos pisos vinílicos (Figura 4), além de desgaste pontual do esmalte e falhas nas juntas dos pisos com placa cerâmica.





Figura 4. Problemas em piso vinílico.

No teto, o problema mais recorrente encontrado em cada tipo foi: em teto de fundo de laje com pintura: mofo/bolor, sinais de umidade, ausência e falha na pintura (Figura 5); em forro de gesso: mofo/bolor, fissuras/trincas, resíduos de reforma, sinais de umidade e manchas diversas (Figura 6).

Nas paredes, onde foram encontradas manifestações patológicas diversas, cabe citar no revestimento em fórmica: destacamento e ausência das placas (Figura 7). Nos ambientes com acabamento em pintura, as incidências maiores de problemas são de destacamento da pintura, fissuras, sinais de infiltração, presença de mofo e bolor (Figura 8). Nas paredes com acabamento em placa cerâmica não foram identificadas manifestações patológicas.



Figura 5. Problemas em teto de fundo de laje com pintura.



Figura 6. Problemas em teto com forro de gesso.



Figura 7. Problemas em paredes com acabamento em fórmica.



Figura 8. Problemas de umidade e destacamento em paredes com acabamento em pintura.

Danos e manchas por choques de equipamentos e móveis como macas, cadeiras e por contato humano são encontrados na quase totalidade dos ambientes, sobretudo nos ambientes de maior circulação de usuários, tanto em paredes quanto no pórtico em granito das portas dos elevadores (Figura 9).

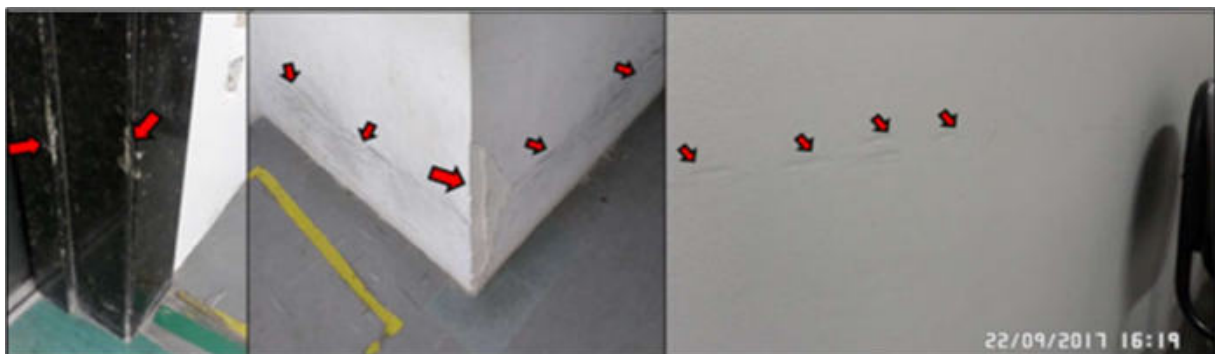


Figura 9. Problemas de riscos e manchas em paredes e de fragmentação do granito.

De posse de todas essas informações, as manifestações patológicas foram registradas através da elaboração de mapas de danos, onde se pode observar o tipo e o local da ocorrência. Foram gerados mapas de danos para as paredes internas, piso e teto em separado - para melhor visualização. Sendo definidas cores e legendas para cada mapa com os problemas identificados naquele local do sistema de revestimento (Figuras 10, 11 e 12). Cabe salientar que os cinco ambientes a nordeste da edificação estavam sendo reformados durante as inspeções e, portanto, não foram vistoriados.



Figura 10. Mapa de danos relativo à parede.



Figura 11. Mapa de danos relativo ao piso.

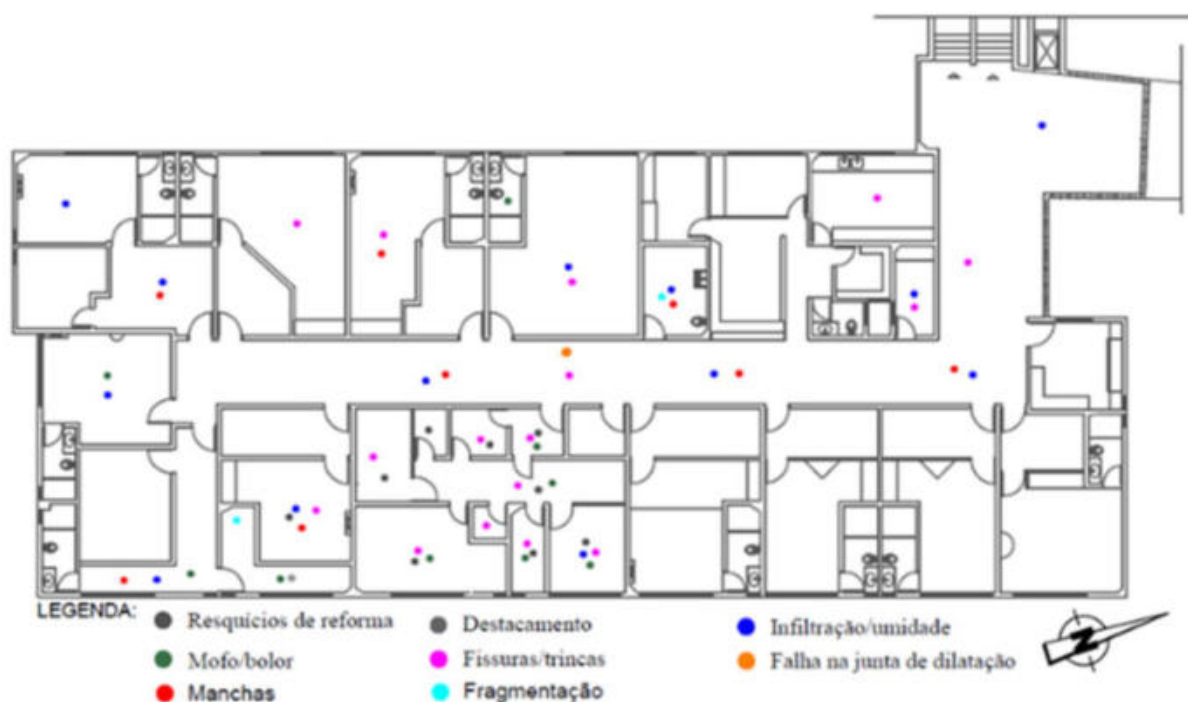


Figura 12. Mapa de danos relativo ao teto.

#### 2.2.4. Diagnóstico e prognóstico das manifestações patológicas

A simples observação dos mapas de danos fornece informações quantitativas (como concentração de problemas em um local) e qualitativas (quais problemas), sendo essas últimas melhor identificadas por imagens. Para o adequado entendimento quantitativo dos problemas de revestimento do bloco 13 do HCP, fez-se gráficos para representar cada manifestação patológica no rol total (Figuras 13, 14 e 15).

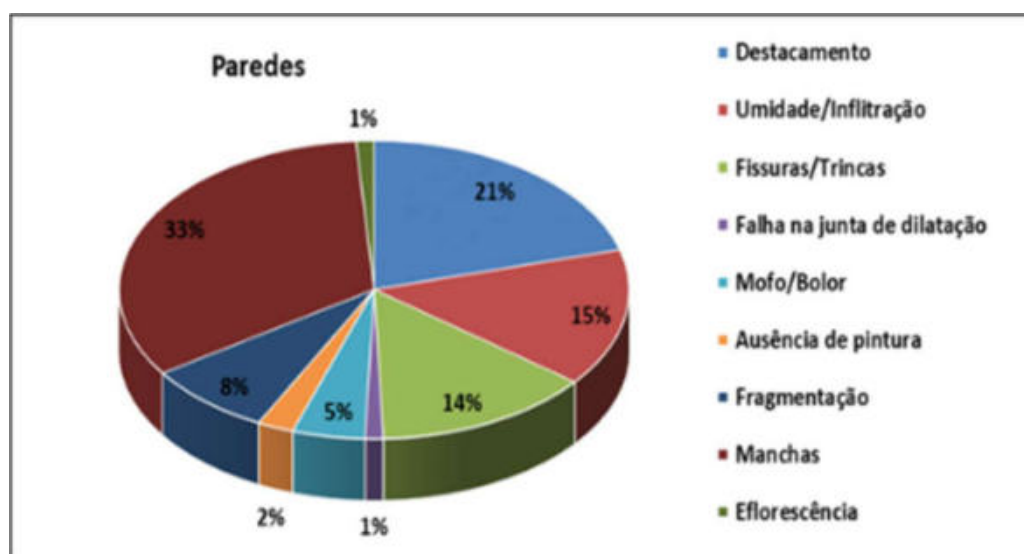


Figura 13. Percentual de incidência de cada manifestação patológica nas paredes



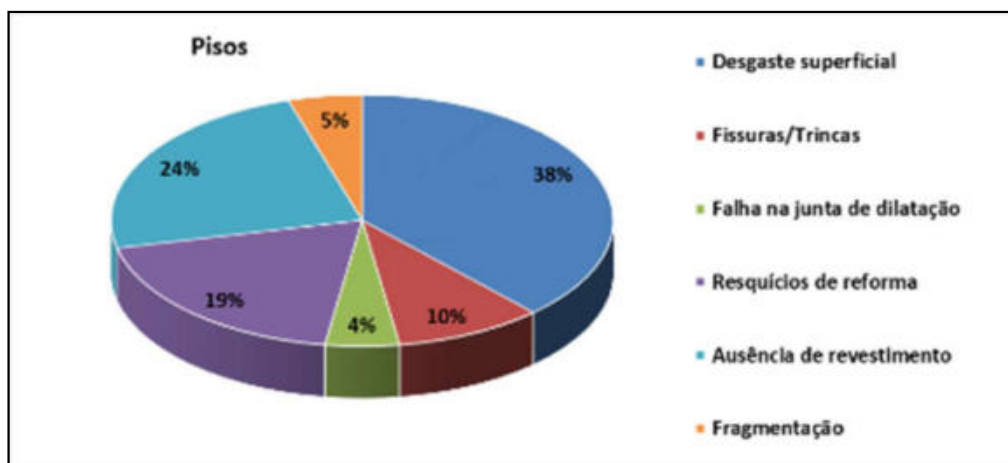


Figura 14. Percentual de incidência de cada manifestação patológica em piso

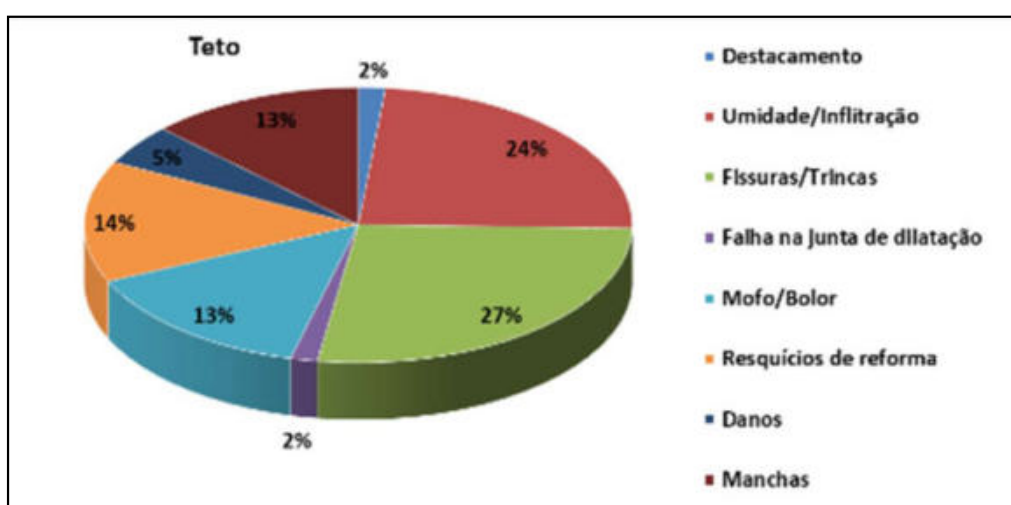


Figura 15. Percentual de incidência de cada manifestação patológica no teto.

Por meio da análise dos gráficos a partir das incidências, pode-se observar, para as paredes (Figura 13), que um terço dos problemas são relativos às manchas, provenientes tanto de gordura (suor das pessoas que se encostam) quanto de abrasão de móveis e equipamentos hospitalares (como macas). Ainda na análise desse problema, no mapa de danos das paredes (Figura 10) percebe-se a existência, sobretudo nas salas de espera e consultórios (presença de pessoas e cadeiras) de uma única manifestação patológica: as manchas, evidenciando a ausência de protetores de paredes e de uma pintura que seja mais resistente a esse tipo de dano, como tinta acrílica ou esmalte sintético, pelo menos até meia-parede, onde os problemas, de fato, ocorrem.

Para os pisos, sobretudo, em placas vinílicas, percebe-se que a grande maioria dos problemas, por volta de 62%, está ligada à durabilidade dos elementos: desgaste superficial e ausência de placas, quebras parciais ou totais e descolamentos. Sem deixar de mencionar que parte da manutenção desses pisos é realizada de forma corretiva, haja vista a mudança de coloração das placas substituídas, desfazendo a paginação original. Para o teto, as trincas e fissuras, sobretudo em forro de gesso, foram as manifestações mais presentes (Figura 15), além de estarem distribuídas uniformemente em toda a edificação (Figura 12), evidenciando ser esse um problema generalizado do forro em placas de gesso.

Os problemas com umidade e sinais de infiltração são recorrentes tanto nas paredes internas e externa (fachada) (15%) quanto em teto (24%), inclusive com aparecimento de mofo/bolor em alguns casos (15% em teto e 5% em paredes).



Em seu estudo sobre prédios com presença de mofo e seu efeito na saúde dos ocupantes, Mihinova e Pieckova (2012) citam que esses organismos necessitam apenas de oxigênio e umidade, situação perfeita em paredes, teto e revestimentos com problemas de infiltração. Os autores ainda afirmam que a qualidade do ambiente interno é uma das maiores tarefas da saúde pública, baseado que, atualmente, as pessoas permanecem mais tempo nas edificações. Estes problemas patológicos podem agravar a potencialidade de doenças respiratórias, sobretudo em pacientes debilitados. A principal solução para estes problemas é, sempre, anular a fonte de umidade (em casos de tubulações rompidas) ou bloquear seu acesso (impermeabilizar), quando essa fonte for a água de chuva, de lavagem ou proveniente de áreas molhadas como banheiros e copas.

As manifestações encontradas ocorrem em diferentes níveis de intensidade e de forma bem distribuída pela edificação. Seguindo as recomendações do IBAPE (2012), faz-se uma classificação dos grupos de manifestações encontradas quanto à sua criticidade. Algumas situações específicas são classificadas como de alta gravidade, devido ao risco de provocar danos à saúde e segurança das pessoas, perda excessiva de desempenho e comprometimento sensível da vida útil. Recomendando-se a intervenção imediata; é o caso do revestimento das fachadas, devido ao risco de queda e a presença de umidade e mofo/bolor, sobretudo, em consultórios e leitos hospitalares (locais de permanência prolongada).

O grupo de manifestações patológicas que pode ser classificado como grau de risco regular, pois não apresenta risco estrutural, mas ainda pode apresentar prejuízo funcional apresentando perdas pontuais de desempenho, podendo provocar deterioração precoce é o desgaste do piso vinílico, o destacamento e quebra das fórmicas em madeira das paredes, as trincas no forro de gesso e as manchas diversas causadas por abrasão de equipamentos e móveis, devido à ausência de protetores de parede. Tal omissão diminui a durabilidade da pintura desses locais e prejudica a sensação de conforto dos usuários: a estas manifestações recomenda-se intervenção a curto prazo. Por fim, as manifestações classificadas como grau de risco mínimo, pois apresentam pequenos prejuízos à estética dos ambientes, recomenda-se a intervenção a médio prazo. São elas: a fragmentação das quinas dos granitos dos elevadores, a substituição das placas vinílicas por peças de diferentes tonalidades e a ausência de pinturas em algumas salas.

#### **2.2.5. Soluções recomendadas**

Grande parte dos problemas encontrados na edificação de uso hospitalar seriam evitados com a adoção de um programa de manutenção da edificação através de um Sistema de Gestão da Manutenção (SGM), conforme a Norma Brasileira - NBR 5674 (ABNT, 2012). Recomenda-se a contratação de profissional ou empresa especializada para realizar inspeções prediais e propor procedimentos de planejamento que garantam um desempenho superior aos sistemas da edificação a um custo reduzido; custo menor se comparado aos métodos corretivos dos problemas.

A edificação encontra-se com problemas patológicos que precisam ser solucionados de forma a preservar suas condições de uso e operação, ainda mais pela sua importante função social, sendo inviável a paralisação de seus serviços por longos períodos para grandes reformas. A solução destes problemas antes de tornarem-se emergenciais, significa redução da interrupção dos serviços por um tempo mais longo e redução de custo. No Quadro 3 são apresentadas as principais manifestações, suas possíveis causas e o resumo das sugestões de reparos/recuperação (soluções). Apontam-se autores para detalhamento na descrição e solução dos problemas (Bauer, 2012; Caporrino, 2015; Carasek, 2011; Faro, 2013; Thomaz, 1989).

Quadro 3. Resumo das manifestações patológicas e sugestões de solução.

<b>Manifestação patológica em revestimento</b>	<b>Tipo de revestimento afetados</b>	<b>Possíveis causas</b>	<b>Eliminação da causa</b>	<b>Sugestão de reparo e recuperação</b>
<b>Umidade /Infiltração</b>	Paredes / Tetos	- Ausência/falha de impermeabilização de lajes e fachadas - Tubulações rompidas	Eliminar fonte de umidade: reparo da impermeabilização e das tubulações danificadas	Aguardar secagem, remover o revestimento afetado e repintar.
<b>Mofa/bolor</b>	Paredes / Tetos	- Umidade constante - Área não exposta ao sol - Área mal ventilada	- Permitir exposição ao sol e acesso de vento - Eliminar a fonte de umidade	Lavar com hipoclorito de sódio (1:1), deixar solução agir, lavar e repintar, após secagem.
<b>Desgaste superficial do piso</b>	Pisos	- Placa cerâmica com resistência inadequada para o local - Fim da vida útil das placas vinílicas	Especificar corretamente os materiais	Remover e substituir as placas danificadas e observar a necessidade de troca generalizada.
<b>Falha na junta de movimentação</b>	Paredes / Tetos / Pisos / Fachadas	- Fim da vida útil das juntas - Ausência ou falha no material selante	Observar prazos para troca dos selantes e manutenção das juntas	Substituir os selantes e materiais de enchimento das juntas, proteção mecânica das juntas no piso.
<b>Fissuras e Trincas no Forro de gesso</b>	Tetos	- Esforços de tração por especificação incorreta dos materiais ou falhas de execução dos serviços	Verificar presença/condições de juntas de dessolidarização no encontro com as paredes e a cada 6 m	Substituir placas trincadas ou quebradas; aplicar massa corrida nas pequenas fissuras e repintar.
<b>Resquícios de materiais de reforma</b>	Paredes / Pisos / Tetos	- Falha na execução e/ou limpeza dos serviços em reformas anteriores	Contratar profissionais/empresas qualificadas, fiscalizar a execução e a entrega dos serviços	Remover os restos de materiais e refazer o acabamento original da área afetada.
<b>Descolamento de placas cerâmicas na fachada</b>	Fachada	- Baixa aderência entre alguma (s) camada(s) do revestimento, pode estar associado a outros problemas	Realizar ensaios de resistência de aderência e inspeção completa na fachada.	Remover todo material pulverulento do local, verificar condições do emboço e das placas vizinhas, refazer o revestimento e recolocar as placas.
<b>Fissuras no revestimento em argamassa</b>	Paredes /Tetos	- Especificação incorreta de materiais e/ou falhas de execução dos revestimentos	Verificar condições das vedações, origem das fissuras e, caso necessário, monitorar as fissuras.	Raspar a superfície, remover partes soltas, limpar gorduras e mofos, aplicar selador e pintura com impermeabilizante acrílico.

<b>Manifestação patológica em revestimento</b>	<b>Tipo de revestimento afetados</b>	<b>Possíveis causas</b>	<b>Eliminação da causa</b>	<b>Sugestão de reparo e recuperação</b>
<b>Eflorescência</b>	Paredes / Tetos	- Especificação incorreta de materiais e/ou falhas de execução - Carreamento de compostos da argamassa pela ação da água	Eliminar a fonte de umidade: reparo da impermeabilização e das tubulações rompidas.	Aguardar a secagem completa, raspar e limpar a superfície, aplicar selador e massa corrida, lixar, limpar e repintar.
<b>Manchas de contato e choque de equipamentos e móveis</b>	Paredes	- Especificação incorreta de materiais: ausência de protetores de parede e pintura lavável	Instalar protetores de parede, pintar com tinta acrílica ou esmalte sintético de parede	Raspar/lavar áreas com manchas de gordura, limpar toda superfície, aplicar selador e massa corrida nas gretas e repintar.
<b>Destacamento do acabamento em fórmica</b>	Paredes	- Ausência de manutenção regular: colagem no início do descolamento; remoção de fórmicas sem reposição	Realizar inspeções para verificação dos destacamentos nas fases iniciais para reparo.	Substituir totalmente as placas danificadas, colar os destacamentos em fase inicial (exigência legal para ambientes hospitalares).
<b>Ausência do acabamento</b>	Paredes / Tetos / Pisos / Fachadas	- Perda de parte dos elementos do acabamento sem reposição	Realizar inspeções para verificação das áreas sem acabamento e fazer o planejamento de reposição.	Limpar as áreas, preparar o substrato e repor os elementos ausentes.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de revestimento constitui o elemento construtivo mais próximo dos usuários, sendo, portanto, a eles mais sensível. O seu nível de desempenho tem efeito direto na sensação de conforto de trabalhadores, pacientes e visitantes de um hospital, destacando-se a importância técnica e social de um sistema de revestimento com desempenho superior.

Algumas ações podem ser destacadas, como a substituição do tipo de pintura de lavável para acrílica em salas de espera e corredores, ou até mesmo a aplicação de tintas esmaltes devem apresentar desempenho superior às pinturas atuais em tinta lavável. Além disso, a instalação de protetores de parede, sobretudo na altura de móveis e equipamentos hospitalares como macas e cadeiras de roda é uma solução para ampliar a durabilidade dos revestimentos.

A correção das anomalias e falhas encontradas a partir da inspeção é de grande importância para restabelecer as condições originais de uso e operação da edificação, porém, é imprescindível a realização do plano de manutenção através do sistema de gestão da manutenção. Esse plano consolidará as ações de manutenção associando-as aos resultados das futuras inspeções e, inclusive, baseando-se em pesquisas de satisfação dos usuários. Afinal, qualquer edificação, principalmente as públicas de uso hospitalar, têm como objetivo principal atender às expectativas e exigências de seus usuários.

#### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012), NBR 5674, “Manutenção de edificações: requisitos para o sistema de gestão da manutenção”, (Rio de Janeiro, Brasil), p. 25.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1996), NBR 13752, “Perícias de engenharia na construção civil”, (Rio de Janeiro, Brasil), p. 8.
- Bauer, L. A. F. (2012), “Materiais de construção, 2”, 5ª ed., (Rio de Janeiro – RJ, Brasil: Gen/LTC), p. 960.
- Caporrino, C. F. (2015), “Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados”, (São Paulo-SP, Brasil: Pini), p.124.
- Casasek, H. (2011) “Patologias das argamassas de revestimento”, In *Materiais de Construção civil*. IBRACON, São Paulo-SP, p. 25.
- Costa, L. G. G. (2010), “Cronidas: Elaboração da base de dados para auxílio em representação de mapa de danos”, *Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia*, p. 27.
- Deutsch, S. F. (2016), “Perícias de engenharia: A apuração dos fatos” (São Paulo-SP, Brasil: Leud), p.270.
- Faro, H. B. (2013) “Patologias da fachada de um edifício residencial: pesquisa de estudo de caso”, *Monografia de Especialização, Universidade de Pernambuco*, p. 56.
- IBAPE (2012), “Inspeção Predial - Check-up predial: guia da boa manutenção” (São Paulo-SP, Brasil: Leud), p. 336.
- Mihinova D., Pieckova E. (2012) “Moldy buildings, health of their occupants and fungal prevention”, *Bratisl Lek Listy*, v. 213, p. 314 - 318. DOI: 10.4149/BLL\_2012\_073.
- Tutikian, B., Pacheco, M. (2013). “Boletín Técnico: Inspeção, diagnóstico y pronóstico en la construcción civil” (Mérida, México), p. 17.
- Thomaz, E. (1989), “Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação”, (São Paulo-SP, Brasil: IPT/EPUSP/PINI), p.194.

## BIOCLIMATIC ANALYSIS FOR A LOW INCOME ARCHITECTURAL PROJECT

Marcelo Adolfo Jiménez ([marcej27@gmail.com](mailto:marcej27@gmail.com)); Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos ([leopoldobastos@gmail.com](mailto:leopoldobastos@gmail.com)); Maria Lygia Niemeyer ([lygianiemeyer@gmail.com](mailto:lygianiemeyer@gmail.com))

Universidade Católica de Alto Paraná (UCAP) - Brazil

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil

Universidade Vila Velha, Mestrado em Arquitetura e Cidade (UVV) - Brazil

**Keywords:** low-income habitat, vernacular architecture, social housing

*The aim of this paper is to perform a study on a project of low-income houses proposed by an architecture team for the city of Santa Fe, in Argentina. This region presents a complex climate to be attained by architecture designers, due to the diverse conditions presented by hot and cold seasons. The basic source model is a vernacular habitat typology and its characteristics to capture the prevailing winds during summer period by means the Ventury effect, and shielded against the cold winter winds. Also the project presents some improved architectural characteristics adapted to the foreseen implantation site and new user requirements.*

*Thus, the analysis considers computer simulations and calculations to study the role of natural ventilation through the house. Thermal loads due solar energy, people and appliances are considered for an envelope energy balance. The software RADLITE and CFX-ANSYS are used. Also, is made a comparison between two forms of arrays, random and peripheral, for the houses in the terrain under a possible harmful urban noise incidence. With help the SoundPLAN software is obtained that the implantation site offers acoustical acceptable conditions for people to stay indoor.*

*The results show the adequacy of the project for the new free-running low-income houses designed. Also the project inspired in part by a vernacular typology improves the use of new building materials, sanitary conditions, and gives facilities for occupation. Also the implantation site offers acoustical acceptable conditions for people indoor.*

### 1. INTRODUCTION

The subtropical humid climate, identified as Cfa or Cwa from the Köppen`s classification, presents a hot humid summer and a cold winter with heavy rains on the coast, and a dry climate inland, (PEEL et al, 2007). This climate is known as *pampeano* in South-America and occurs in the northeast of Argentina, Uruguay, south of Brazil, and east of Paraguay. It is a complex climate and demands of the architect great ingenuity to design free-running houses, (KONYA, 1981). The low-income housing projects for these regions commonly use natural ventilate houses to attend the climatic and socio-cultural conditions. A typological reference for this kind of housing project can be based upon a vernacular approach. In Argentina and Paraguay, for instance, there is a peasant passive house typology *Culata Yovai* , a well adapted habitat to these regions, see figure 1. This house has a central living space, open during the summer to the prevailing winds, creating an intense air flow by Venturi effect, to give inhabitants good conditions to stay in.





Figure 1. The vernacular house typology Culata Yovai,

The architect team directed by CARLI (2010) developed a project for a set of low-income houses for the city of Santa Fe, Argentina, figure 2, being part inspired in the vernacular Culata Yovai<sup>88</sup>.



Figure 2. Low-income houses project, Santa Fé - Argentina (2010). Author: Arch. César Carli

This project considers houses with six modular spaces of 3,45m x 3,15m x 2,80m, and a roof with two 15% sloped tiles of cement. The rooms are placed in opposite positions, and a central space is able to be used as living or dining room provided with sliding doors to control the ventilation needs. A design improvement is made with a kitchen and a bathroom. The walls are made of hollow bricks, with plaster and white painted.

## 2. OBJECTIVES

The aim of this paper is to analyze by means of calculations and computer simulations a house designed of this contemporary architecture project, in terms of air flow circulation conditions during the summer period for the Santa Fé city.

The required intent for this house is if it verifies a free-running behavior, as shown by the vernacular model, despite using industrial built materials, and to include more rooms, a kitchen and bathroom. Natural ventilation due to the prevailing winds is the preponderant

<sup>88</sup> [https://www.clarin.com/arquitectura/titulo\\_0\\_r14EmZq6Dml.html](https://www.clarin.com/arquitectura/titulo_0_r14EmZq6Dml.html)

<https://www.elciudadanoweb.com/santa-fe-innova-en-los-planes-de-vivenda-social/>

way to refresh the envelope and penetrates indoor through windows and mainly by the open central space due to the Venturi effect.

Also, as this house is well ventilate during the summer period, a point to be examined is the influence of the incident urban noise on a house under two assumed arrays of terrain implant.

### 3. METHODOLOGY

#### 3.1. Natural ventilation

Firstly, by means of computer simulations is studied the air flow conditions for this new house. A virtual model is made in AutoCAD 2004, able to be performed airflow CFD simulations by means the software CFX-ANSYS, (ESSS, 2013). This software utilizes a finite volume method, and is established a rectangular prismatic volume as the domain, and then object of discretization by a control volume set.

The mesh is refined and verified by the Mesh Metrics function of the CFX. After several tests were obtained: aspect ratio = 217.64; orthogonal quality=0.1824; skewness=0,89, indicating according the software the mesh is refined.

The k-C turbulence model is used, with  $30 < y^+ < 300$ . Thus, the simulation performed results are accessed by visualization for each defined point in the virtual model in terms of air flow path, values for pressure coefficient, air velocity and volumetric flow-rate through the building zones. These obtained values for the volumetric rate of air flow will be compared with the required levels established from an energy balance and calculations for the building envelope during the summer conditions.

#### 3.2. Thermal loads and volumetric rate of flow

The energy balance is performed for each envelope surface using solar irradiance average values along a day on December for Santa Fé (31°38'S, 60°42'O). The irradiance levels were obtained with the help of software RADLITE, which is based on the solar energy and illuminance Dogniaux's model, (CASTRO et al, 2002).

The thermal loads due to solar energy are obtained from equations and procedures defined by the NBR 15220 standard (ABNT, 2003) for each surface. Thus, are considered for the envelope parts, the following values, solar absorptances: walls ( $\alpha = 0,20$ ), tiles ( $\alpha = 0,40$ ); thermal transmittances: walls ( $U = 2,48 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), roof ( $U = 2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). The other thermal loads are due to occupancy (three people per room) and electric appliances (varying according the room use).

Thus, from the obtained total indoor thermal load for each room  $\Sigma q$  (W), is possible to determine the required volumetric rate of flow  $Q$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) by means the equation 1. The temperature difference  $\Delta T$  used is obtained from the adaptive thermal comfort for a free-running (naturally ventilated) building with 80% acceptance, ASHRAE (1992) for summer conditions in the region.

$$Q [\text{m}^3/\text{s}] = \Sigma q \text{ (W)} / [ \rho \text{ (kg/m}^3\text{)}. Cp \text{ (KJ)/(kg K)}. \Delta T \text{ (K)}] \quad (1)$$

Where:

- $\rho$  : specific air mass (= 1,165  $\text{kg/m}^3$ ) at 30°C
- $Cp$  : specific air heat (= 1,009  $\text{kJ/kg K}$ )
- $\Delta T$ : selected temperature difference between indoor operative temperature and the monthly mean outdoor temperature from the Standard 55 ASHRAE (= 3K).

### 3.3. Noise impingement

The low-income project considers a settlement of houses sited in a North suburban area of Santa Fe city, Argentina, near Av. Aristóbulo del Valle, and distant 100m. This avenue has ever a heavy traffic and bottled, and it can produce potentially negative impacts on this future settlement of houses, figure 3. The spaces between the lots are open offering permeability to the winds, figure 4.

The central space of this model of house operates as the cited vernacular typology, being well adapted to the prevailing NE winds. This contemporary project permits the users to make easy adaptations and house extensions, under several variants. Thus, a selected spatial settlements of houses need to be analyzed to conciliate the required wind ventilation and to forbid impinging traffic noise from the boundaries. Then, two forms are assumed for the arrays of houses in the terrain: random and peripheral. Only the summer period is examined when the houses operate as free-running. Beyond the existent avenue, in this analysis is considered new future secondary streets, to increase a noisier ambiance panorama.



Figure 3. Implantation site.

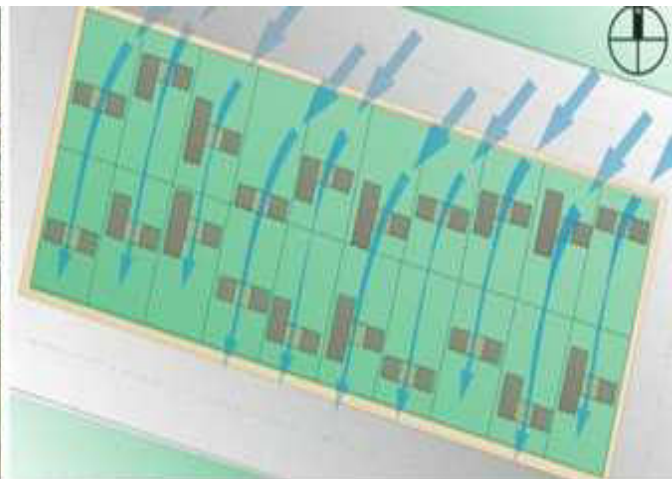


Figure 4. Settlement of houses orientated to the prevailing winds, adapted from Google.

To characterize the traffic noise sources are considered the morphological data for the streets and buildings with the cartography basis of Google Earth. The theoretical analysis considers a sound emission estimated from bibliography data (CERTU, 1980).

To perform an acoustic evaluation is employed an acoustic map furnishing a visual information about the acoustical situation for a given geographic area, at a certain time. With this map is possible to assume initial project decisions, or a diagnosis. An example of a building implantation face to the noise impacts can be seen in (CORTÊS, 2013). The software SoundPLAN, (BRAUNSTEIN et al, 2004), is used to generate noise maps for this region. Previously is defined the area by cartography, topography, and around building heights. Also, are considered the meteorological data, standards, acoustics legislations, and parameters for rendering.

## 4. RESULTS AND DISCUSSION

### 4.1. Natural ventilation

Figure 5 presents the points of measure considered at each room for the model of house under the air flow incidence.



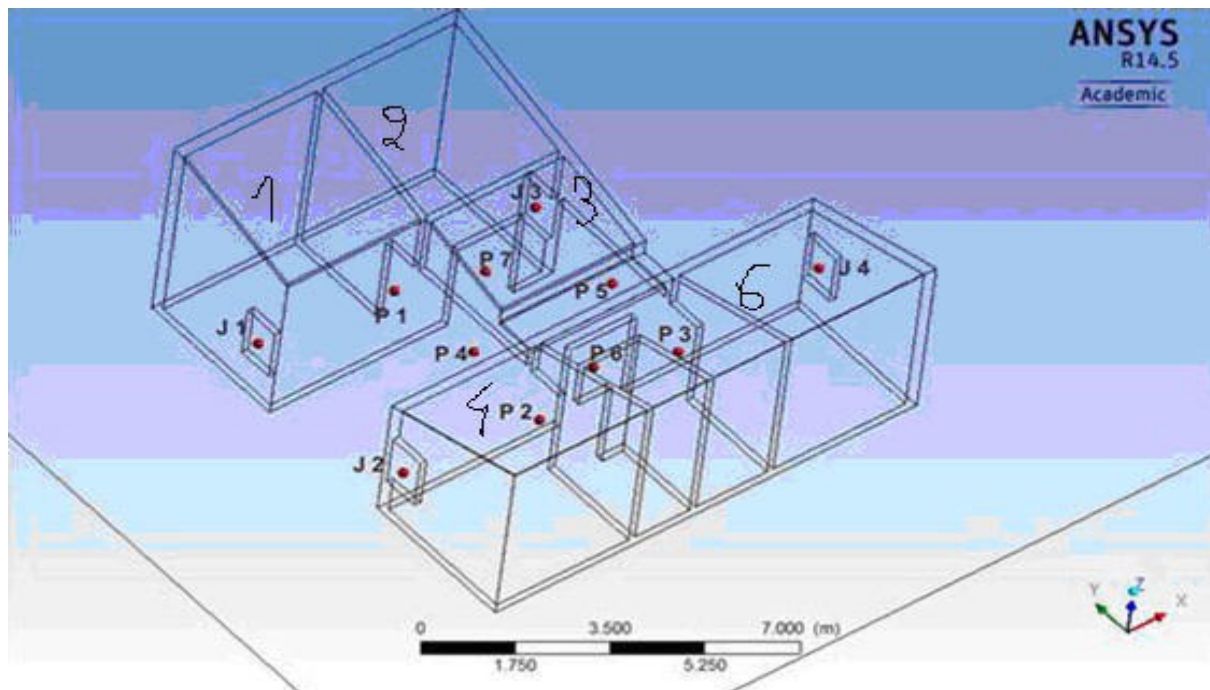


Figure 5. Selected points of measure of air pressure and velocity. Source: ANSYS CFX-Post. 2013

Also, in figure 6 can be depicted the CFD simulation results performed for the virtual model. It can be seen that there is a high air velocity through the central living room space, if is open during summer. This air flow is due to the Venture effect. Also, it can be seen the flow circulation around the house, and the low velocity vortices indoor the rooms.

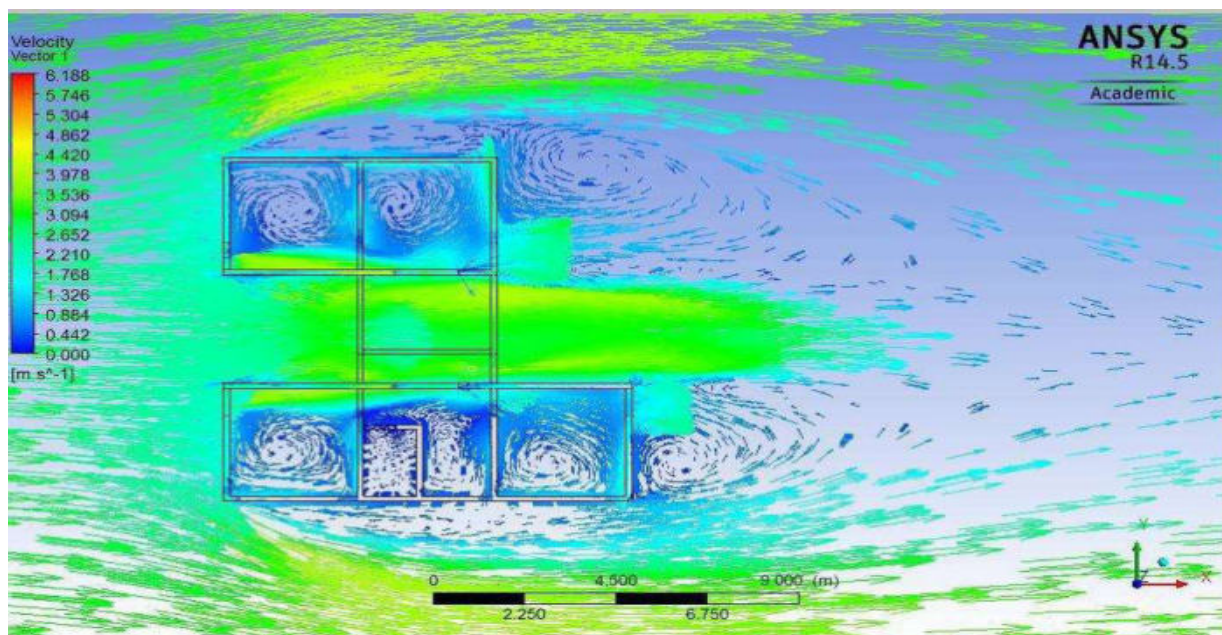


Figure 6 . Velocity vectors on a 1,20m height above the floor.

As mentioned, the indoor thermal charges due to solar radiation, occupancy, and appliances are obtained by means of an energy balance for each room, and then determined the required air flow-rate to cool the six ambiances of the house. Table 1 shows the obtained values from CFD simulations for the indoor air flow-rate compared with the values required to extract the indoor heat at each room calculated with equation 1. It is possible to see that all ambiances present high volumetric flow-rates than the required values.

Table 1. Comparison results for indoor air flow-rates

Rooms	Air flow-rate obtained by simulations - CFX	Air flow-rates required to exhaust the heat of rooms (Equation 1)
3 (central)	5,47 m <sup>3</sup> /s	0,23 m <sup>3</sup> /s
1	1,17 m <sup>3</sup> /s	0,22 m <sup>3</sup> /s
2	0,91 m <sup>3</sup> /s	0,31 m <sup>3</sup> /s
4	1,05 m <sup>3</sup> /s	0,21 m <sup>3</sup> /s
5	-----	0,18 m <sup>3</sup> /s
6	0,73 m <sup>3</sup> /s	0,22 m <sup>3</sup> /s

#### 4.2. Acoustics evaluation

The acoustic maps are obtained by simulations with the SoundPLAN software, figure 7 and figure 8. From these results, is possible to say that the two assumed arrays of houses are not influenced by the main noise sources. The noise propagation due to the Av. Aristóbulo Del Valle goes in a contrary sense of the prevailing NE winds. Also other buildings around the plots have low heights (1-3 floors) and near there is an expressive vegetal cover. During summer, when the central space of the houses are open to the winds, occurs small noise levels in case of the random implantation under a sound level around 48-50 dB(A), figure 7. For the settlement of houses placed along a peripheral line, the noise panorama is similar, figure 8.

Also, considering these acoustic results is possible to make another comparison for this two array configurations. The random array of houses is more influenced by the noise than the peripheral, because the majority of plots are facing the street, and exposed to the traffic noise. The peripheral house settlement presents yards turned to the interior terrain, being more protected from the income traffic noise, figure 8,.

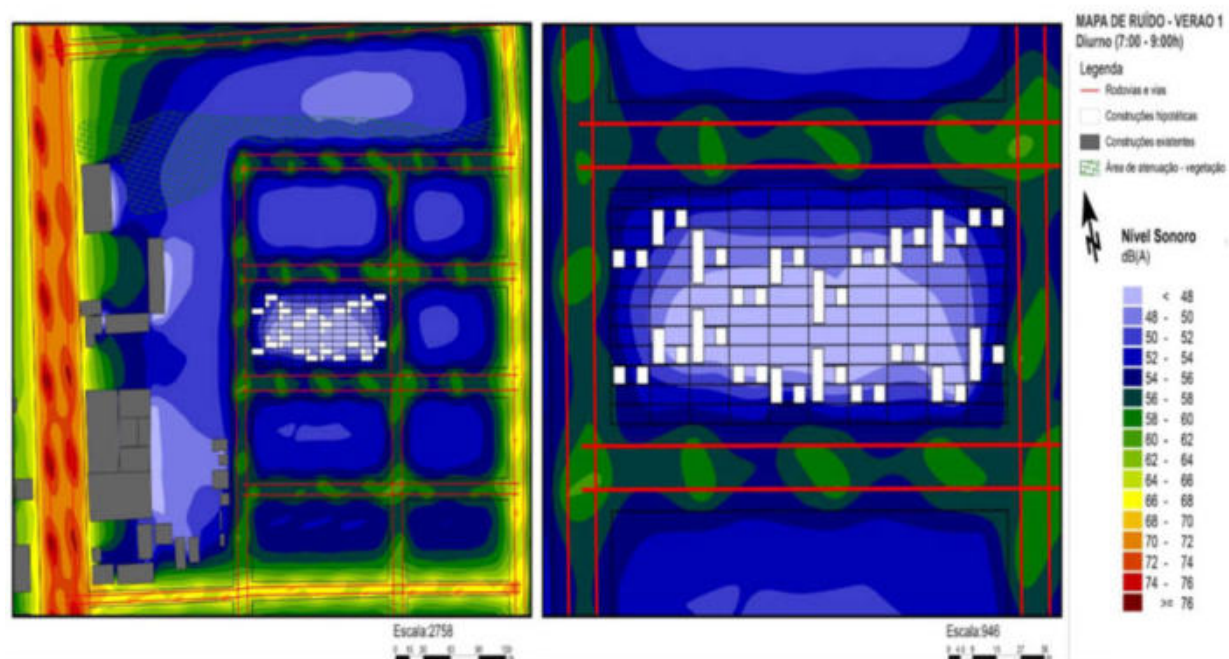


Figure 7. Noise map for a random houses implantation, with open central space doors, Summer condition.



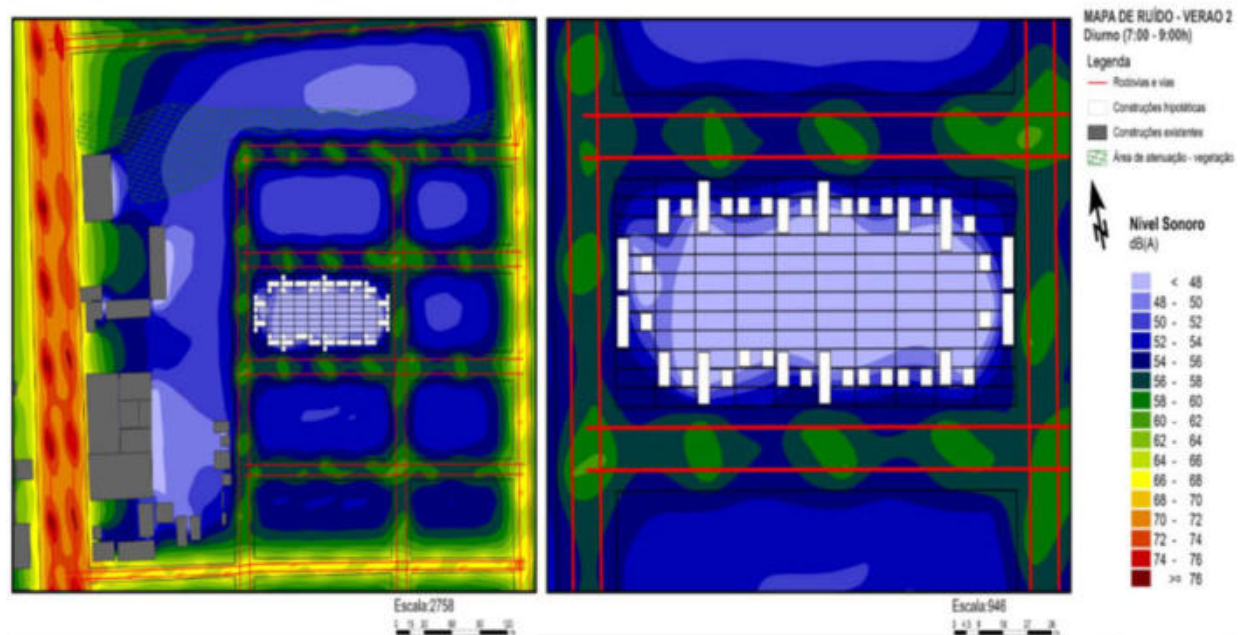


Figure 8. Noise map for a peripheral houses implantation, with open central space doors, Summer period

## 5. CONCLUSIONS

The methodology employed in the present research indicates its adequacy to study the free-running characteristics of the house proposed by the architect Carli. The assumed focus on the vernacular architecture typology Culata Yovai in this South America region is correct due its responsive to natural ventilated characteristic and has a compromise with the regional socio-cultural conditions.

The example studied of a new project of low-income houses for city of Santa Fé in Argentine become important for this region and adds sanitary conditions and contemporary building materials. Thus, for new low-income projects is adequate to maintain the living central space with conditions to be open to the prevailing winds during the summer period, and also to use building materials having a low thermal inertia.

Considering the assumed studied house-settlements, it is verified that the form of houses implantation is an important strategy to protect the plots and indoor spaces against incident traffic noises.

As shown by simulation results, the high air flow across the central space of the house has not influence to improve a local sound level. Thus, a recommendation is to consider for these projects of social housing to consider an analysis on ventilation and acoustics. The noise map is an important tool for a scale analysis and can able to help a diagnosis, to improve or to prevent poor solutions.

Also, it is known that generally urban noise sources come from the traffic of motor-combustion vehicles, then is ever required to improve some politics to reduce their circulation inside the city.

## 6. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- ABNT (1982) - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5413. Iluminação de interiores. Rio de Janeiro.

- ABNT (2003) - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro.
- ASHRAE (1992). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Standard 55 Atlanta, USA.
- CARLI, C.L. (2011). Casas del Cambio – Escuela de los grandes espejos. *Arquitectura Crítica*. 25 abr. Available in: <http://www.arquitecturacritica.com.ar/2011/04/casas-de-cambio-escuela-de-los-grandes.html>. Access on: 12 may 2014
- CASTRO, E. B. P.; VIRGONE, J.; BASTOS, L. E. G. (2002). Étude Paramétrique du Comportement Énergétique et Lumineux d'un Bâtiment en Climat Tropical Humide. In : *Proceedings of IBPSA France*. Paris. CD-ROM, p.64-70.
- CERTU(1980). Centre d'Études des Transportes Urbaines. Guide du Bruit des Transportes Terrestres. Prévission des Niveaux Sonores. França : Ministère de l'Équipement et de L'aménagement du Territoire.
- CORTÊS, M. (2013). Morfologia e qualidade acústica do ambiente construído: estudo de caso em Petrópolis-Natal, RN. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro. PROARQ-FAU/UFRJ.
- ESSS (2013). *Engineering Simulation and Scientific Software*. Introdução à simulação Fluidodinâmica
- – Teoria de CFD e aplicações com ANSYS CFX. Material didático utilizado no treinamento de modelagem e análise fluidodinâmica. Rio de Janeiro.
- FORSTER, W.; HEAL, A.; PARADISE, C. (2006). The vernacular as a model for sustainable design. In: *PLEA Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 6-8 September 2006, Geneva, Switzerland.
- GIURIA, J. (1950). *Arquitectura en Paraguay*. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. 1950.
- HERREROS, A., et al. (1984). *La Culata Yovai*. Asunción. Centro Paraguayo de Estudios Sociológicos.
- JIMÉNEZ, M.A. (2015). Análise bioclimática de uma tipologia de habitação vernácula Guarani. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro PROARQ-FAU/UFRJ.
- KONYA, A. (1981). *Diseño en climas cálidos*. Manual práctico. Primera edición española. Madrid. H. Blume Ediciones.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. (2007). Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Available in: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.html>. Access on: 11 mai. 2014.
- SANTA FE. (2000). Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires. Available in: <http://www.smn.gov.ar/?mod=clima&id=30&provincia=Santa%20Fe&ciudad=Santa%20Fe>. Access on: 14 may 2014.
- KNOWLEDGMENTS
- This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – BRASIL (CAPES) – Finance code 001.

# VILA RESIDENCIAL DA UFRJ: A VEGETAÇÃO COMO ALTERNATIVA PARA MINIMIZAR AS ALTAS TEMPERATURAS

Emanuela A. da Rocha ([emanuelaalves81@gmail.com](mailto:emanuelaalves81@gmail.com)); Andre Luis Paiva ([alpgos@hotmail.com](mailto:alpgos@hotmail.com)); Patricia R C Drach ([patricia.drach@gmail.com](mailto:patricia.drach@gmail.com)); Gisele S Barbosa ([giselebarbosa@poli.ufrj.br](mailto:giselebarbosa@poli.ufrj.br))

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - Curso de Arquitetura e Urbanismo (DAU/ESDI/UERJ); Programa de Pós-graduação em Urbanismo (PROURB/FAU/UFRJ); Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana (PEU/UFRJ) - Brazil

**Palavras chave:** Conforto ambiental, Temperatura intra-urbana, Vila Residencial da UFRJ, Microclima

*O microclima local pode ser alterado com a inserção de novos elementos como a arborização urbana ou materiais de revestimento. A morfologia e a tipologia também podem contribuir para a melhor ou piora microclimática. Este artigo tem como objetivo realizar um levantamento de dados climáticos e microclimáticos da Vila Residencial, além de aspectos sociais para, a partir deles, estudar melhorias para o local que se adequem à vida dos moradores. Para a realização do estudo foram simulados três cenários distintos na Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro com a inserção de novos elementos naturais ou urbanos. A partir do levantamento de dados, dos resultados obtidos e das observações in loco, foram feitas sugestões de alterações possíveis para a melhoria do microclima local e a amenização de ilhas de calor. O desenvolvimento dessa pesquisa envolve um levantamento e análise prévios desenvolvidos nas diversas fases dos projetos de extensão “Diagnóstico da Vila Residencial - UFRJ” (Barbosa et al, 2016; Drach et al., 2016-2018).*

## 1. INTRODUÇÃO

Diferentes aspectos da urbanização podem alterar um ambiente físico resultando em variações climáticas pontuais que geram distintos microclimas em uma mesma região (Oke, 1981). A forma urbana, a cobertura do solo natural ou artificial, a permeabilidade da malha urbana são fatores que influenciam diretamente o comportamento local das variáveis climáticas.

O aquecimento urbano é um fenômeno presente em todos os climas e dentre seus efeitos podem ser apontados a formação de ilhas de calor urbana (ICU) e a variação das temperaturas intra-urbanas, promovendo diferentes dinâmicas de temperatura numa mesma região. A cidade do Rio de Janeiro (22° 54' 10" S, 43° 12' 27" W) é caracterizada por um clima tropical com chuvas de verão (Aw) segundo a classificação climática de Köppen-Geiger e, está indicada como Z8, dentro do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Dentre as estratégias de conforto recomendadas para a região, quente e úmida, estão: o controle da radiação solar direta, com a adoção de elementos de sombreamento e a promoção da perda de calor através da ventilação (Olgay, 2010; Lamberts et al., 1997).

A ilha de calor é uma anomalia térmica onde a temperatura média da atmosfera para uma determinada área urbana se torna maior que a das regiões circunvizinhas não urbanizadas; o aquecimento ocorre na camada de ar mais próxima do solo. As variações de temperatura podem ser vários graus centígrados, e ocorrem basicamente devido às diferenças de

emissão de radiação infravermelha entre as regiões construídas e aquelas não construídas (Corbella e Yannas, 2003).

Devido às propriedades térmicas dos materiais construtivos ou da cobertura do solo e revestimentos dos edifícios serem diferentes daqueles observados no meio natural, observa-se no meio urbano relações diferenciadas entre absorção e emissão de calor. Com o aumento da taxa do fluxo de calor entre o componente construtivo e o ar (admitância térmica), ocorre, conseqüentemente, o aumento do calor acumulado durante o dia e o desprendimento do calor armazenado à noite.

As variações da temperatura intra-urbana estão relacionadas a diferenças na temperatura do ar, especialmente em áreas urbanas. Estes processos podem ser significativamente alterados pelas condições climáticas (Drach e Emmanuel, 2014), mas diversas causas podem contribuir para mudanças nos processos microclimáticos, como: conversão da energia solar em calor, resultante da morfologia urbana e da natureza das várias superfícies e materiais; redução de áreas verdes e impermeabilização do solo; a presença de fontes antropogênicas de calor e umidade, como o uso de aparelhos de ar condicionado, refrigeradores e combustível para automóveis e indústrias.

Este artigo tem como objetivo identificar alterações microclimáticas na Vila Residencial da Universidade Federal do Rio de Janeiro e estudar possíveis melhorias que amenizem ilhas de calor, considerando também as condições sociais do local.

Em estudos anteriores foram avaliadas a ventilação, especificamente no conjunto da Vila Residencial com auxílio de um Túnel de Vento e comportamento da temperatura do ar utilizando o método de transectos (caminhos), e os resultados apontaram para a importância da vegetação tanto para o sombreamento quanto para a diminuição das temperaturas observadas na região. A vegetação atuando como um filtro moderador do microclima (Drach, et al, 2016). Desta forma, buscou-se identificar possíveis soluções pautadas principalmente pelo uso da vegetação.

## 2. VILA RESIDENCIAL DA UFRJ

O termo "Vila" formalmente pode ser definido como um aglomerado urbano com dimensões que ficam entre uma aldeia e uma cidade, com uma "quase" autossuficiência econômica. No Brasil as Vilas podem, muitas vezes, não atender à questão econômica desta classificação, mas muitas surgiram vinculadas à questão de uma atividade econômica específica, como por exemplo, fábricas, canteiros de grandes obras, grupamentos de mão-de-obra como as vilas de lavadeiras nos bairros do Catete, Largo do Machado e Laranjeiras, na cidade do Rio de Janeiro. Santos (2014) a define a partir da sua horizontalidade de forma muito clara, "conjunto horizontal de habitações unifamiliares que, através de sua estrutura e escala, ou de sua organização e gestão comunitária, permita o estabelecimento de vínculos de vizinhança, dentro do ambiente das grandes metrópoles."

Especialmente a Vila Residencial (VR) descrita neste estudo está inserida no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na Ilha do Fundão. Banhada pela Baía de Guanabara e por um braço estreito de mar. Ela é a união de nove ilhas que foram conectadas pelo processo de aterramento hidráulico entre 1949 e 1952 (ETUB, 1954). O nome da maior delas, Fundão, foi mantido e dado à nova grande ilha.

Historicamente o conjunto da VR surgiu como uma base para abrigar operários durante a construção da Ponte Rio-Niterói, em 1969. Na área cedida temporariamente pela União, foram construídas 180 residências e instalados alguns serviços de apoio aos funcionários e familiares. Após a conclusão das obras em 1974, parte das famílias optaram por continuar no local, dando seqüência à consolidação da estrutura permanente de vila acima citada. Com o passar do tempo sua população foi crescendo e o perfil dos moradores se tornando



mais plural, e hoje é composto por, além dessas famílias, trabalhadores diversos e da própria Universidade e estudantes. Assim, nasceu a Vila Residencial que mesmo sendo relativamente oculta aos olhos do grande número de pessoas que frequentam diariamente a Cidade Universitária, ainda hoje pertence ao bairro da Cidade Universitária e ocupa uma área de 122.640 m<sup>2</sup> de um total de 5.238.337,90 m<sup>2</sup> da Cidade Universitária, correspondendo a 2,3% do território do campus.

Paralelamente, a Cidade Universitária da UFRJ e seu entorno vem passando por diversas alterações ao longo das últimas décadas, recebendo instalações de grandes empresas como a Eletrobrás, a Petrobrás, além de várias empresas privadas que formam o Parque Tecnológico e também edificações da própria Universidade. Ainda, estão previstas novas construções e intervenções de acordo com o Plano Diretor UFRJ 2020 (2009). A expansão de algumas regiões, dentre elas o Parque Tecnológico (PT), próximo à Vila Residencial, indica o constante adensamento ao qual a Ilha do Fundão está submetida e, conseqüentemente a Vila Residencial, ao sul da Ilha do Fundão.

Desta forma, neste momento, a possibilidade de desenvolver estudos na área do Campus da UFRJ e entorno, incluindo a Vila Residencial é uma oportunidade ímpar para estudar e entender a dinâmica da temperatura do ar e de outras variáveis meteorológicas na região, bem como, estudar a evolução do conjunto e as dinâmicas envolvidas neste processo.

Através do mapa de uso do solo para a Ilha do Fundão (Figueiredo et al., 2007), na Figura 1, pode ser observada a Vila Residencial em amarelo e ao seu lado o Parque Tecnológico (PT). A Figura 2 mostra a predominância do vento Sudeste, seguida pelos ventos de direção Sul e Leste (Sol-Ar, 2013).



Figura 1. Mapa de uso do solo – agosto/2014.

Fonte: Figueiredo et al., 2007.

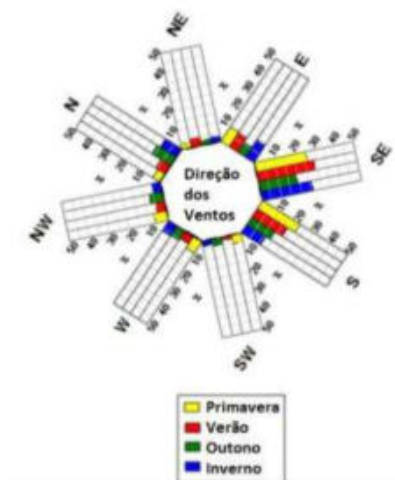


Figura 2. Direção dos ventos.

Fonte: Sol-Ar, 2013.

A partir da Rosa dos Ventos gerada para determinação dos ventos dominantes e secundários também foram observadas as intensidades de vento para a região. Observando o conjunto é possível notar que o Polo Tecnológico representou um bloqueio à entrada do vento no conjunto da VR, principalmente pelo fato de que a região do Parque Tecnológico foi aterrada com aproximadamente dois metros acima da Vila Residencial.

Socialmente a VR tem seus hábitos, seus encontros e seus cuidados. Está passando por um adensamento estimulado principalmente pelo aumento de alunos residentes e de



funcionários do Parque Tecnológico. Com novos moradores e novas demandas, passa a modificar sua história, como também construir e adaptar sua identidade e seus espaços.

A necessidade de moradias estudantis, por exemplo, reflete no espaço e no viver do lugar. Casas são ampliadas e ganham dependências e dormitórios para atender a procura de alunos pelo aluguel de um imóvel próximo ao ambiente universitário. A VR parece estar incluindo um novo perfil com a utilização de moradias como repúblicas, albergues, quartos individuais etc.

As características iniciais de uma vila, bem como sua organização, estreitam vínculos de moradores entre si e com o espaço (Santos, 2014), algo que agrega qualidade de vida e renova o sentimento de pertencimento do meio público, externo às paredes e muros das residências. Quanto mais agradável for esse meio, maior será sua apreciação e mais inspirará cuidado. No entanto, o modo espontâneo com que se deram as mudanças espaciais na VR acabou por nem sempre garantir ambientes agradáveis. O crescimento populacional aliado à falta de planejamento pode ter contribuído para que atualmente se perceba um espaço público pensado e capacitado para não muito mais que servir de percurso em sua forma mais simples e promover, ou apenas auxiliar na segurança. É importante agregar a questão do bem estar e conforto ao espaço construído para que ele possa exercer suas inúmeras potencialidades. A avaliação do espaço permite perceber suas carências e nele propor soluções, que possibilitem o aproveitamento da área pelos seus habitantes de maneira plena e confortável. Na Figura 3 é exposto um último exemplar remanescente das antigas casas de madeira construídas originalmente na VR no ano de 1969. Nota-se que existe afastamento lateral, um quintal nos fundos, afastamento frontal e, ainda uma varanda.



Figura 3. Casa original da construção da VR no ano de 1969.

Na Vila Residencial existe uma infraestrutura social e é importante promover a qualificação de locais que possibilitem e favoreçam a socialização dos habitantes, seja ela em eventos, ou no dia a dia. Atualmente, podem ser apontados, dentre outros, como equipamentos sociais significativos a Sede da Associação de Moradores – AMAVILA, a praça e o campo de futebol. Estes locais norteiam os visitantes servindo como pontos de referência. É possível dizer que a identidade da VR está contida nesses espaços onde acontecem manifestações coletivas e campeonatos de futebol, mas a identidade de uma vila está em uma arquitetura flexível e aberta e de organização coletiva. É importante desenvolver a questão do conforto nesses espaços públicos promovendo espaços de bem estar e permanência minimizando as altas temperaturas observadas no meio urbano.

### 3. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A pesquisa teve como objetivo realizar um levantamento de dados climáticos e microclimáticos da Vila Residencial, além de aspectos sociais para, a partir deles, estudar melhorias para o local que se adequem à vida dos moradores.

O desenvolvimento dessa pesquisa envolve um levantamento e análise prévios desenvolvidos nas diversas fases dos projetos de extensão “Diagnóstico da Vila Residencial – UFRJ” (Barbosa et al, 2016; Drach et al., 2016-2018).

Esta etapa pode ser definida como composta de três fases: a) revisão bibliográfica e reinterpretação com inclusão de novas informações; b) simulação em computador com a ferramenta ENVI-met (Bruse, 2010): geração dos modelos, coleta e inserção dos dados de entrada, desenvolvimento da simulação, leitura dos resultados e geração de imagens; c) análise dos resultados e a indicação de propostas voltadas para adequação da questão térmica às características sociais.

#### 3.1. Estudos anteriores

Em estudos anteriores foram avaliadas a ventilação, especificamente no conjunto da Vila Residencial com auxílio de um Túnel de Vento e comportamento da temperatura do ar utilizando o método de transectos (caminhos), e os resultados apontaram para a importância da vegetação tanto para o sombreamento quanto para a diminuição das temperaturas observadas na região. A vegetação atuando como um filtro moderador do microclima.

Os resultados do experimento usando o túnel de vento são úteis para a compreensão de como o vento sopra no VD. Observou-se uma fraca ventilação no interior da VR, como resultado da baixa porosidade da malha urbana e das barreiras a penetração do vento presentes no conjunto. O Polo Tecnológico (Figura 1) também oferece um bloqueio direto à entrada do vento com os seus edifícios mais altos e compactos. A construção sobre pilotis teria permitido a livre circulação do vento e do olhar. Para completar, o conjunto da Vila Residencial é murado em toda sua fronteira com o mar, não permitindo o desenvolvimento de uma área de lazer na orla.

A Vila Residencial está situada na parte sul da Ilha do Fundão, região onde foram fora observadas as temperaturas mais elevadas. Os resultados da Figura 4 para as médias do verão 2014/2015 (Drach et al., 2016) da temperatura do ar, mostram as regiões sul e sudeste da ilha com as temperaturas do ar mais elevadas. Os hexágonos coloridos, especificamente os vermelhos indicam os locais onde os valores mais elevados foram medidos. O mapa que serve de base está plotado com a mancha da variação da temperatura ao longo da ilha. Nele os tons mais escuros representam as maiores temperaturas.

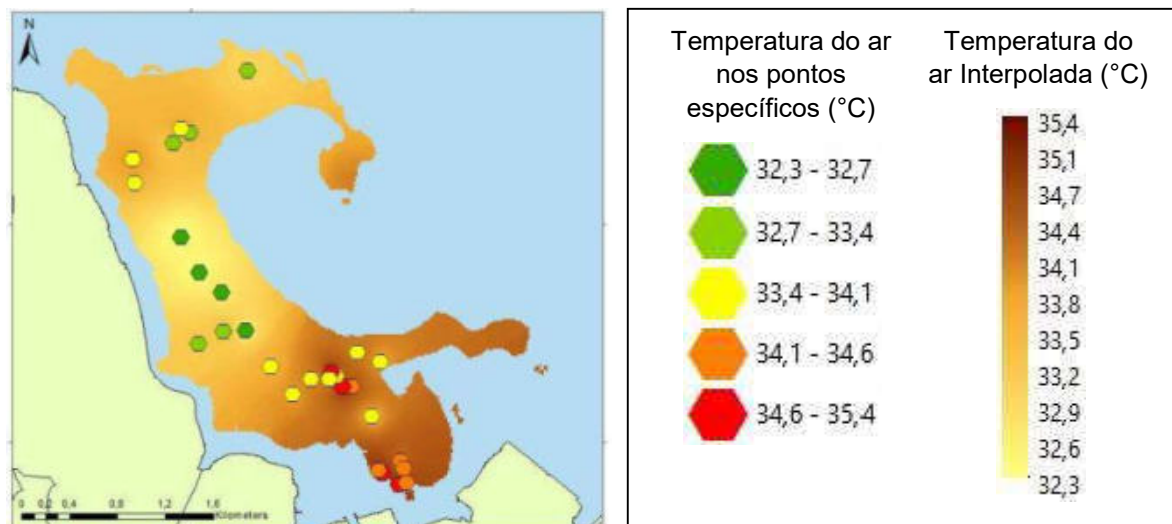


Figura 4. Distribuição da temperatura do ar; escala de cores das temperaturas nos pontos específicos; escala de cores da temperatura do ar interpolada no Arcgis.

Estes resultados confirmam aqueles observados anteriormente por Oscar Júnior e Brandão (2015) no conjunto de resultados das coletas de dados realizadas em 1996, 2007 e 2010 onde observou-se a recorrência de temperaturas mais elevadas na porção centro-sul da ilha.

A partir da imagem da Figura 4 também é possível observar as maiores temperaturas na região da Vila Residencial.

### 3.2. Simulação em computador

Após a revisão bibliográfica e a com inclusão de novas informações é desenvolvida a maquete computacional, na qual informações sobre a morfologia são inseridas, dentre elas a dimensão das edificações, largura das ruas, número de pavimentos e os revestimentos urbanos incluindo a vegetação. No caso desta última é informado o porte das espécies arbóreas e no caso de não existir exatamente o mesmo indivíduo a escolha é feita por semelhança.

O levantamento do número de pavimentos (Figura 5) é confirmado *in loco* para que as atualizações sejam levadas em conta, já que a região da Vila Residencial se encontra em constante expansão. São famílias que aumentam e negócios relacionados ao aluguel de quartos para estudantes e para funcionários do Polo Tecnológico.

As simulações computacionais foram efetuadas com a utilização do software ENVI-met (Bruse, 2010) desenvolvido para simulações climáticas em áreas urbanas. Na visualização dos resultados foi empregado o software Leonardo 3.75 (Bruse, 2010). Os dados obtidos foram adaptados para geração do arquivo de entrada para o programa.

O modelo gerado para o ENVI-met é composto por células tridimensionais (*grid cells*) com formato de cubo e, portanto com 3 dimensões: dx, dy e dz. Dadas as dimensões da Vila Residencial (400 x 400m) foi possível fazer a simulação de toda a sua área avançando inclusive no seu entorno e podendo representar sua interferência no conjunto da VR (600 x 600 m). Para o modelo optou-se por células com dimensões 3,0m x 3,0m x 3,0m, assim, o *grid* escolhido foi de 200 x 200 x 30. A maquete computacional possui ainda as informações de geolocalização da região, dentre elas: latitude, longitude, zona horária e o norte geográfico (Figura 6).

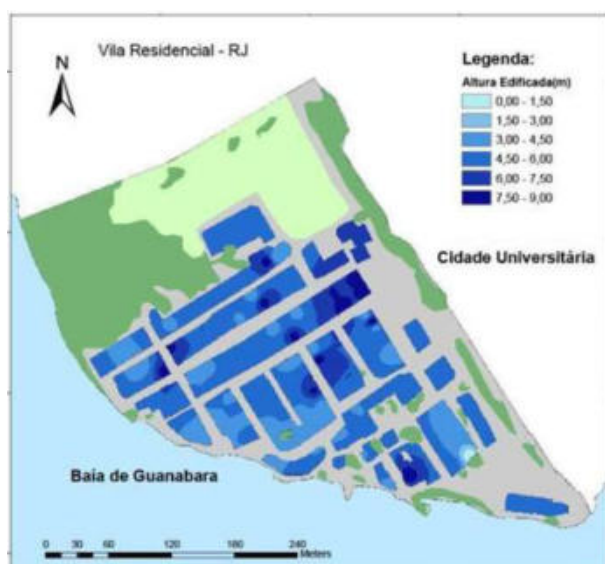


Figura 5. Mapa com altura edificada.



Figura 6. Modelo gerado para o ENVI-met.

A partir da imagem com as áreas edificadas é possível notar a quase inexistência de porosidade na malha urbana e a escassez de vegetação no interior do conjunto. Mesmo na região da praça o que predomina é o solo coberto de areia e cimento na calçada no entorno da mesma.

Além do modelo da Figura 6 é necessário gerar o arquivo de entrada com as condições iniciais das simulações referentes: temperatura do ar, umidade específica (2500m) e umidade relativa a (2m), velocidade e direção do vento, rugosidade da superfície, além de acionar as bases de dados relacionadas à vegetação e à cobertura do solo.

Para representar o verão, os parâmetros climáticos adotados foram os valores médios de temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do vento do verão de 2018 (INMET, s.d).

Foram desenvolvidas três simulações: Cenário I - Vila Residencial com sua configuração atual; Cenário II – Vila Residencial com introdução de paredes verdes e espécies arbóreas no interior da malha urbana e Cenário III com a introdução de uma vegetação mais densa também na praça e em outras áreas abertas. Nos três cenários o muro existente permaneceu.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A introdução da vegetação foi selecionada para os testes, uma vez que esta exerce diversas funções para o controle do clima. Além de proporcionar sombra, promover o resfriamento do ar, aumentar a umidade e, ainda, filtrar e absorver os poluentes do ar, sua aplicação pode ser desenvolvida com baixo custo.

Nas Figuras 7, 8 e 9 estão os resultados para os Cenários I, II e III, respectivamente.



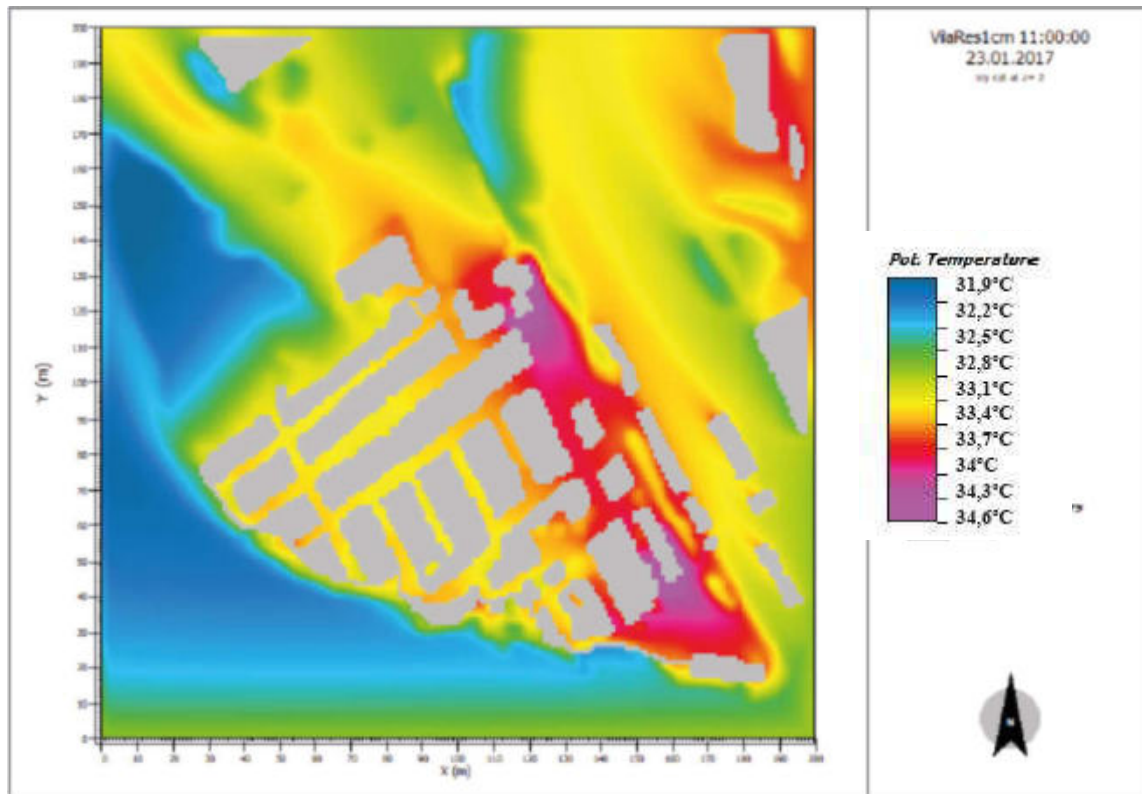


Figura 7. Vila Residencial com muro e sem alterações.

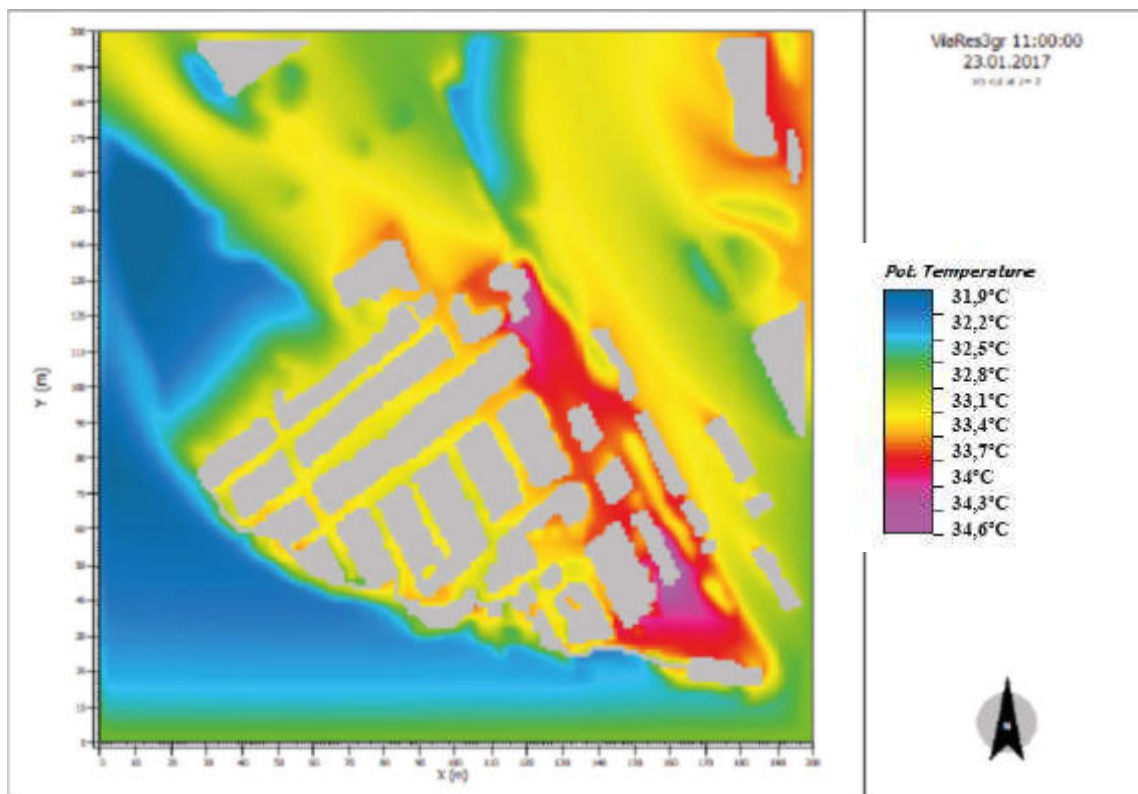


Figura 8. Vila Residencial com introdução de paredes verdes e de espécies arbóreas no interior da malha urbana.

A partir das imagens das Figuras 7 e 8 é possível observar que a introdução da vegetação (Figura 8) promoveu a redução da temperatura em diversos pontos do conjunto. Observa-se a redução das áreas mais escuras mesmo na região central.



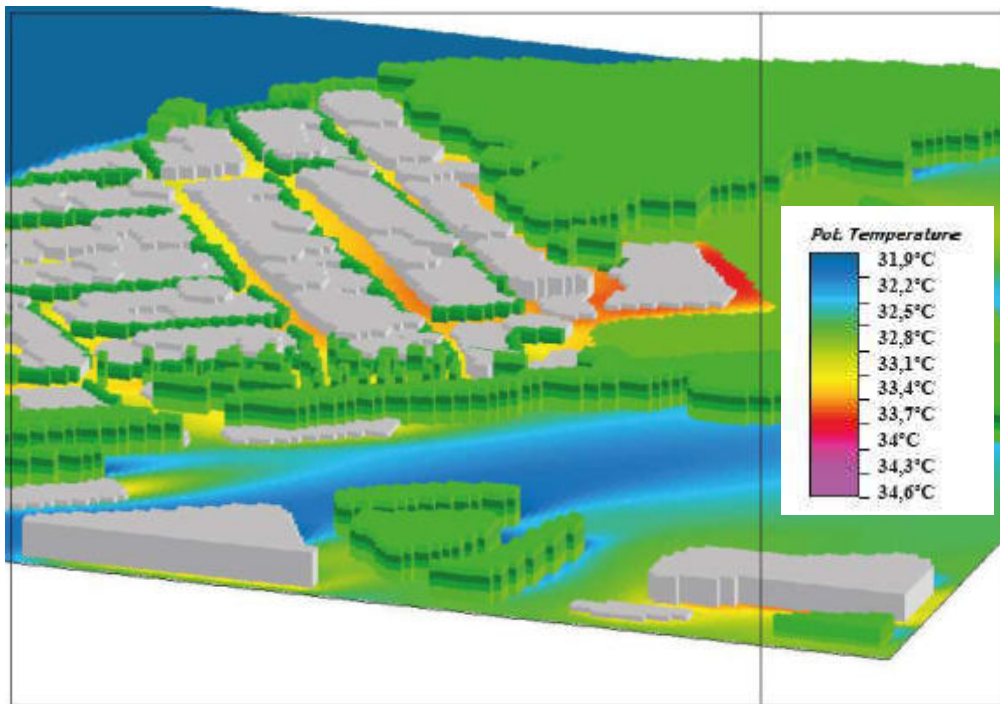


Figura 9. Vila Residencial com introdução de uma massa de vegetação, incluindo espécies arbóreas.

A introdução de uma massa de vegetação, inclusive na praça central permitiu a redução da temperatura do ar no conjunto. Pode ser observado que os valores máximos encontram-se reduzidos (Figura 9).

A criação de áreas arborizadas indica a possibilidade de oferecer um conforto maior aos moradores, rompendo com a separação, nitidamente visível no mapa, entre a área do solo ocupado e de área vegetada. É preciso pensar na vegetação como aliada, já que se observa um aumento da densidade populacional, estimulado pela procura de moradia por estudantes e trabalhadores da universidade e pelas intenções econômicas dos próprios moradores.

Nas ruas muito estreitas torna-se difícil pensar na implantação de uma faixa arbórea a fim de amenizar a temperatura local com sombreamento. Nestes casos, o interessante pode ser a implantação, avaliada caso a caso, de muros e paredes verdes.

## 5. BUSCANDO SOLUÇÕES

A dinâmica da temperatura do ar na área da Vila Residencial indica que um dos maiores problemas é o alto nível do calor e a presença apenas residual de áreas permeáveis – vegetadas ou não – em meio aos volumes urbanos. Existem fatores que podem estar contribuindo para o agravamento deste cenário, entre eles: a baixa permeabilidade da malha urbana, observada na configuração espacial de algumas ruas, onde a volumetria associada aos elementos construtivos dificulta a circulação dos ventos; a escassez da vegetação como resultado da necessidade de crescimento da população local, que acaba ocupando também o entorno das edificações; a existência de uma divisão entre a Vila Residencial e as margens da Baía de Guanabara, e o fato dela se constituir na forma de um muro totalmente vedado, sem o uso de elementos vazados ou vegetação. O Parque Tecnológico, localizado a sudeste, com edifícios ocupando o pavimento térreo também oferece uma barreira à circulação do ar, bloqueando direções de ventos dominantes na região.

Uma solução eficiente e de baixo custo para mitigar a presença de temperaturas elevadas no espaço urbano e, ainda com reflexos no espaço interno, é a introdução da vegetação, em especial de espécies arbóreas.

A presença de espécies arbóreas favoreceria o resfriamento tanto pela absorção da radiação solar e da evapotranspiração, quanto pelo sombreamento. Contudo, a pouca largura de algumas ruas faz com que essa opção não seja possível sendo, desta forma, importante apresentar soluções não usuais.

Alternativas de vegetação são apontadas, buscando uma adequação ao espaço existente e às necessidades dos moradores. A intenção é apresentar propostas que resultem na maximização do conforto para a população, respeitando seu modo de vida. Duas delas seriam o desenvolvimento de muros verdes e a aplicação de espuma de cimento em áreas mais críticas.

Kaviski (2018) mostra uma importante redução da temperatura no interior de espaços a partir da implantação da cobertura verde de baixo custo. Este fato foi particularmente relevante, pois trata-se de estudo em guaritas, nas quais a área com a cobertura verde era a menor superfície, e mesmo assim os resultados indicaram a capacidade de redução da temperatura do ar no interior do espaço.

O aumento da porosidade da malha urbana através da criação de aberturas no muro que circunda a VR ou mesmo sua cobertura com vegetação podem ser alternativas para melhorar a ventilação e minimizar as altas temperaturas nas proximidades do muro.

Ações pontuais ou mesmo individuais podem resultar na no aumento do conforto, mesmo no espaço urbano. Aplicação de uma camada de espuma de cimento (concreto celular) sobre telhas de fibrocimento ou sobre as fachadas que recebem maior insolação também é outro meio de exercer o bloqueio das altas temperaturas. Isso acontece por conta do alto nível de porosidade do produto que dificulta a propagação de calor. A utilização desse material combinado com a pintura da superfície final com a cor branca poderia minimizar as elevadas temperaturas no ambiente interno. A colocação de tramas em frente às paredes, para que nelas se sustentem trepadeiras ampliaria os benefícios do muro verde com a criação de uma bolsa de ar, dificultando a entrada do calor no ambiente interno. De acordo com simulações a implantação desses muros verdes também contribuiria positivamente para o microclima, uma vez que reduz a temperatura consideravelmente na região.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estratégias aqui indicadas são propostas a partir dos resultados obtidos através das simulações computacionais, das medições de campo realizadas anteriormente e das entrevistas efetuadas na etapa anterior do Diagnóstico da Vila Residencial. Foi marcante a diferença de temperatura observada em ruas que contavam com a presença de vegetação. A utilização de coberturas vegetadas não teve uma boa recepção na região dada sua condição mais permanente. Ali as pessoas usualmente necessitam "crescer" suas construções para abrigar familiares ou mesmo instalar "negócios", repúblicas de estudantes. Dessa forma, as coberturas preferenciais na região são aquelas de caráter temporário, que podem ser realocadas acima de uma nova laje.

O uso da espuma de cimento em paredes e coberturas, por sua vez, é algo que, até então, carece de estudos que ilustrem a sua eficácia, porém as propriedades térmicas do material justificam a indicação.

As simulações com a proposta da cerca viva no muro no entorno da Vila Residencial e ao longo de algumas paredes indicaram que este pode ser um bom caminho para mitigar os efeitos da radiação solar na região. Estudos detalhados da introdução de espécies arbóreas, de baixo porte (segurança para moradores) podem representar uma alternativa viável para a Pracinha da Vila Residencial. A introdução do sombreamento na região pode permitir que a praça e outros pontos de convivência possam se tornar espaços de permanência.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbosa, G. S.; Rossi, A. M. G.; Drach, P. R. C. (2016) *Diagnóstico da Vila Residencial da UFRJ. 2016. Projeto de Extensão - UFRJ. Rio de Janeiro.*
- Bruse, M., ENVI-met. Version 3.1 BETA III - 2009. On-line Manual. In: <http://www.envi-met.com>. Latest Build: 14-Dec-09, 2010.
- Bruse, M., LEONARDO 3.75 - 2009. On-line Manual. In: <http://www.envi-met.com>. Latest Build: 14-Dec-09, 2010.
- Corbella O D. e Yannas S. (2003). *Em Busca de Arquitetura sustentável para os Trópicos*. Rio de Janeiro: Editora Revan.
- Drach P. R. C. e Emmanuel R. (2014). *Interferências da forma urbana na dinâmica da temperatura intra-urbana*. *Revista de Morfologia Urbana*, 2, 2, 55-70. *Rede Lusófona de Morfologia Urbana* ISSN 2182-7214.
- Drach, P. R. C.; Barbosa, G. S.; Rossi, A. M. G. (2016-2017-2018). *Diagnóstico da Vila Residencial da UFRJ. Projeto de Extensão - DEPEXT - UERJ. Rio de Janeiro.*
- Drach, P. R. C.; Barbosa, G. S.; Corbella, O. D.; Silva, M. A. P. *Dinâmica da temperatura intra-urbana: Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil*. 2016. Argentina.
- *Escritório Técnico da Universidade do Brasil – ETUB. (1954). Ilha Universitária. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. Separata da Revista do Serviço Público, ano XV, 1, 2, fevereiro.*
- Figueiredo F F. e Silveira T S. e Paiva C T S. e Brandão A M P M. (2008). *O Conforto Térmico como Método de Avaliação da Qualidade Sócio-Ambiental: Estudo de Caso na Cidade Universitária/UFRJ*. In: *8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica – Alto Caparaó/MG – 487- 498*
- Freire, Leticia de L. (2010). *Próximo do saber, longe do progresso: história e morfologia social de um assentamento urbano no campus universitário da Ilha do Fundão - RJ. Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Antropologia) - Universidade Federal Fluminense.*
- INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. *Estações Automáticas*. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>> Acesso em: 20/06/2018.
- Kaviski, Francine. *Avaliação do desempenho térmico de cobertura vegetada sobre uma guarita de fibra de vidro em condições de exposição natural*. 2018. *Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.*
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F.O.R. *Eficiência energética na arquitetura*. [3.ed.] Rio de Janeiro, 2014.
- Oke T R. (1981). *Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations*. *Journal of Climatology*, 1, 237–254.
- Oscar Júnior, A S da S. e Brandão A M de P M. (2015). *O Sistema Clima Urbano da Ilha do Fundão (RJ): Subsídio para o Planejamento Urbano*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8, 1, 113-127. ISSN:1984-2295 [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe).
- Silva, Brenda Alves; Xavier, Tatiana Camello; Silva, Fabiana Trindade; Alvarez, Cristina Engel. *O impacto da distribuição de vegetação no microclima de ambientes urbanos*. 2015. Euro elecs. Guimarães, Portugal.
- Santos, E M. (2014). *Vila: habitação coletiva horizontal*. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Arquitetura.
- SOL-AR software: *Laboratório de Eficiência Energética em Edificações — LabEEE, Departamento de Engenharia Civil (ECV) — Universidade de Santa Catarina (UFSC). Pesquisa e desenvolvimento: Roberto Lamberts e Alexandra Albuquerque Maciel. Programação: Edson T. Ono.*
- UFRJ (2009). *UFRJ 2020: Plano Diretor. Proposta para deliberação do Consuni*. 73p. Editora UFRJ.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento do Brasil: FAPERJ, CNPq e CAPES.

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ESCOLA DE ENSINO BÁSICO ELISEU NOBERTO, EM DELMIRO GOUVEIA-AL

*Aline Maria Pereira Nogueira (alinenogueira\_arq@yahoo.com.br); Gabriel Souza Cavalcante (gabriel10cavalcante@gmail.com); Karla Juliana Cordeiro Costa (karlarampjuliana@gmail.com); Leonam Barbosa Reis (leobarbosareis3008@gmail.com); Thauany Alves Pastor (pastorthauany@gmail.com)*

Universidade Federal de Alagoas (UFAL) - Brazil

**Palabras clave:** Método de Áreas, Eficiência Energética, Ambiente Escolar

*A certificação energética proporcionou investimentos em pesquisas e estudos que buscavam melhorar o aproveitamento dos mananciais, minimizando ao máximo o uso desnecessário de energia artificial, garantindo conforto ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar o ambiente da Escola Básica de Ensino Eliseu Norberto e sua eficiência energética no âmbito da iluminação e ar condicionado, de acordo com o Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. (RTQ-C).*

*A escola está situada na cidade de Delmiro Gouveia, pertence à região semiárida do estado de Alagoas e apresenta clima quente e seco. Caracterizada como estudo de caso, esta pesquisa utiliza o método de áreas, a fim de examinar o desempenho por meio da área de todas as salas adicionadas da edificação, segundo o RTQ-C, com a ajuda do software WebPrescritivo, além de in loco análise, tendo como fundamentação teórica Carlo & Lamberts (2010) e Santos, da Costa & Barros (2014).*

*Desta forma, a Escola Básica de Ensino Eliseu Norberto em Delmiro Gouveia - Alagoas, nos parâmetros de iluminação e ar condicionado, possui nível de eficiência energética B.*

## 1. INTRODUÇÃO

A certificação energética é um modelo utilizado por diversos países, dentre eles o Brasil, que se uniu a esse grupo com a participação do Inmetro e do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Para atender a primeira lei de eficiência energética no Brasil, nº 10.295, que estabelece níveis de eficiência em todo país, em fevereiro de 2009, esse programa lançou o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e estabeleceu os parâmetros para a definição do nível de eficiência de um edifício e posterior fornecimento da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) (CARLO&LAMBERTS, 2010).

Diante disso, a indispensável cultura sustentável proporcionou investimento em pesquisas e estudos que procurassem melhorar o uso das fontes de energia. Desta forma, a engenharia civil atende ao cliente de modo que minimize ao máximo qualquer uso desnecessário de energia artificial, garantindo conforto ao ambiente.

Nessa perspectiva, o presente artigo tenciona observar o ambiente da escola de Ensino Básico Eliseu Norberto e averiguar sua eficiência energética nos âmbitos de iluminação e condicionamento de ar, no intuito de analisar, através do Método das Áreas, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) os níveis energéticos apresentados pela escola.

## 2. METODOLOGIA

A escolhida foi a Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto que está situada na cidade de Delmiro Gouveia, pertencente da região semiárido do Estado de Alagoas e apresentando assim clima quente e seco. Segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (ABNT, 2003), evidencia-se que Delmiro Gouveia pertence a Zona 7<sup>ª</sup> (SANTOS, BARROS & COSTA, 2014).

Na escola foi aplicado o Método das Áreas para o sistema de iluminação com o objetivo de analisar a eficiência energética, por meio disso, examina-se o desempenho através da área de todos os cômodos somados da edificação. Dessa forma, se avalia edificações que possuam até três funções ou uma das funções com pelo menos 30% da área em sua totalidade.

O cálculo da eficiência energética, no caso da Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto, foi realizado segundo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, por meio do software WebPrescritivo. Com isso, se realiza os procedimentos listados abaixo:

- a. Identificar a função da edificação, nas condições já citadas, de acordo com o RTQ – C;
- b. Determinar a área iluminada;
- c. Calcular a potência limite do edifício através da multiplicação da área iluminada do edifício pela densidade de potência de limite (DPIL);
- d. Determinar a eficiência através do comparativo entre a potência total instalada no edifício e a potência limite;
- e. Logo em seguida deve-se ter a verificação do atendimento dos Pré-requisitos em todos ambientes de acordo com RTQ-C.

No intuito de determinar do nível de eficiência de um sistema de condicionamento de ar é necessário conhecer e cumprir alguns pré-requisitos, para que desta maneira se enquadrem no nível de eficiência A. Esses requisitos são fornecidos pelo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.

Tabela 1. Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de aquecimento

Faixa de Temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
T ≥ 177	0,046 a 0,049	121	6,4	7,6	7,6	10,2	10,2
122 < T < 177	0,042 a 0,046	93	3,8	6,4	7,6	7,6	7,6
94 < T < 121	0,039 a 0,043	66	3,8	3,8	5,1	5,1	5,1
61 < T < 93	0,036 a 0,042	52	2,5	2,5	2,5	3,8	3,8
41 < T < 60	0,032 a 0,040	38	1,3	1,3	2,5	2,5	2,5

Fonte: RTQ-C

Tabela 2. Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração.

Faixa de Temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)				
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio (°C)	< 25	25 a <40	40 a <100	100 a <200	≥ 200
4 < T < 16	0,032 a 0,040	24	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5
T < 4	0,032 a 0,040	10	1,5	2,5	2,5	2,5	4,0

Fonte: RTQ-C



Para obtermos a classificação do nível de eficiência, é obrigatório que os edifícios condicionados artificialmente possuam sistemas de condicionamento de ar com eficiência conhecida. No caso do nosso objeto de estudo foi analisada a eficiência através de condicionadores de ar que foram averiguados pelo PBE/INMETRO e que estão de acordo com as normas brasileiras. Depois foi feita a análise da marca e do modelo, concluimos que as eficiências energéticas dos condicionadores de Ar estão de acordo com as informações fornecidas pelo INMETRO, obtendo os seguintes dados: capacidade de refrigeração nominal em (BTU/h); eficiência energética e o tipo de etiqueta.

Assim, como o cálculo de eficiência energética de iluminação utilizamos o Software de WebPrescritivo para o cálculo de eficiência energética de condicionamento de Ar, utilizamos o mesmo mecanismo somado aos dados obtidos no site da INMETRO.

### 3. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

De acordo com o RTQ-C a identificação da função do edifício e de suas densidades de potência nos níveis A, B e C, são:

Tabela 1. Identificação da função do edifício e densidades de potência

Função do edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m <sup>2</sup> (Nível D)
Escola/universidade	10,7	12,3	13,9	15,5

Fonte: RTQ-C

A quantidade de lâmpada e ar condicionados foi contabilizada in loco e as especificações foram analisadas através da etiqueta do Inmetro presente no equipamento. Estes dados estão presentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Quantidade e especificações dos equipamentos da Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto

Equipamento	Especificações	Quantidades
Lâmpada fluorescente	Potência 15V	65
Lâmpada incandescente	Potência 40V	4

Fonte: Autores

Nota-se que a escola ainda faz uso de lâmpadas incandescentes, que apresentam um consumo elevado em comparação com a fluorescente, apesar de estar em menor quantidade que as fluorescentes. Além disso, não é feito uso de lâmpadas de led como pode ser observado na tabela acima. Este tipo de lâmpada tem um custo maior de aquisição, porém o consumo de energia é muito baixo em relação com as outras duas alternativas já utilizadas além de ter uma vida útil maior e ser feita de um material mais resistente que o vidro, assim, também oferece maior segurança em casos de acidentes (como ser atingida por um objeto, por exemplo).

As áreas de cada cômodo estão presentes na planta baixa do edifício.



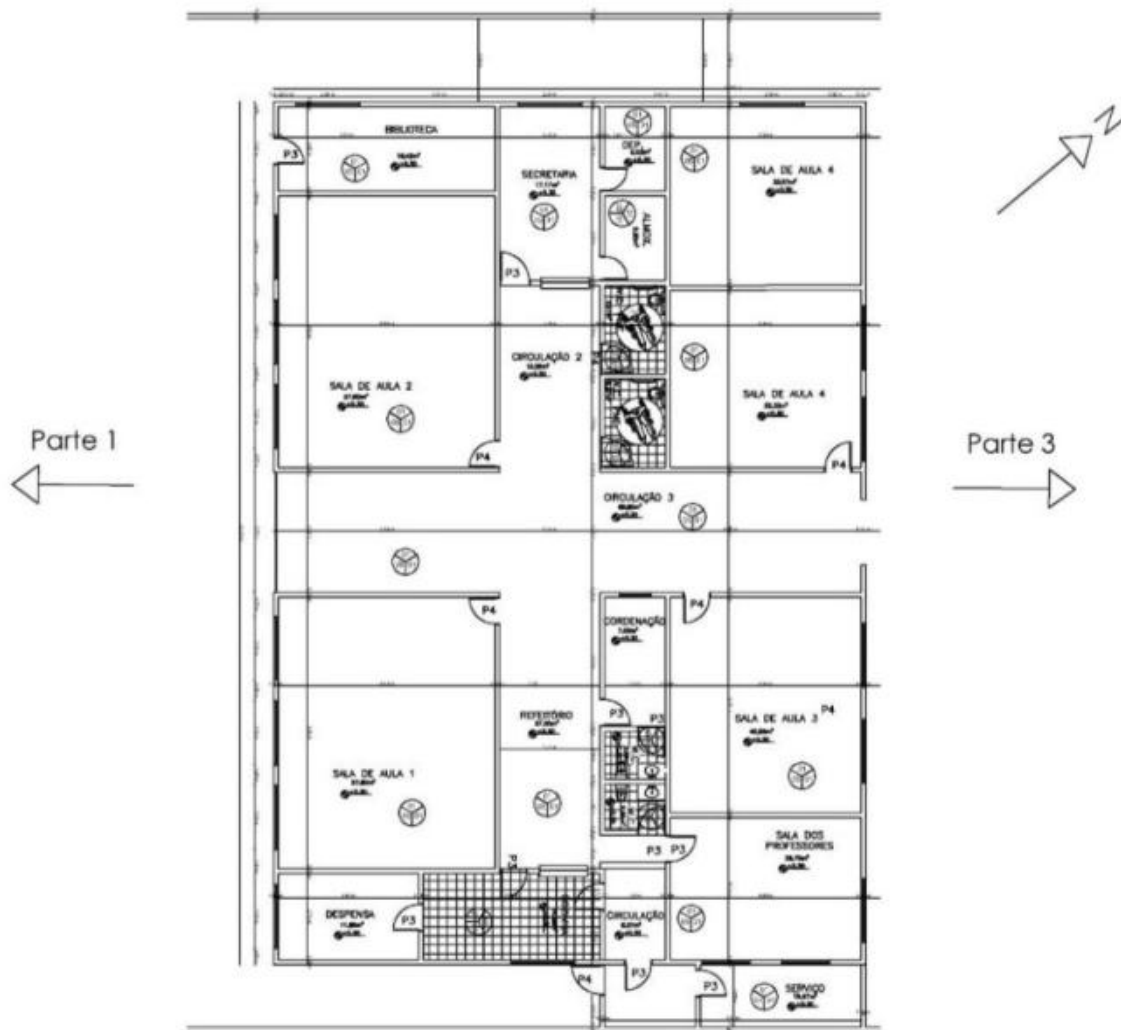


Figura 2. Planta Baixa Parte 2, Delmiro Gouveia – AL

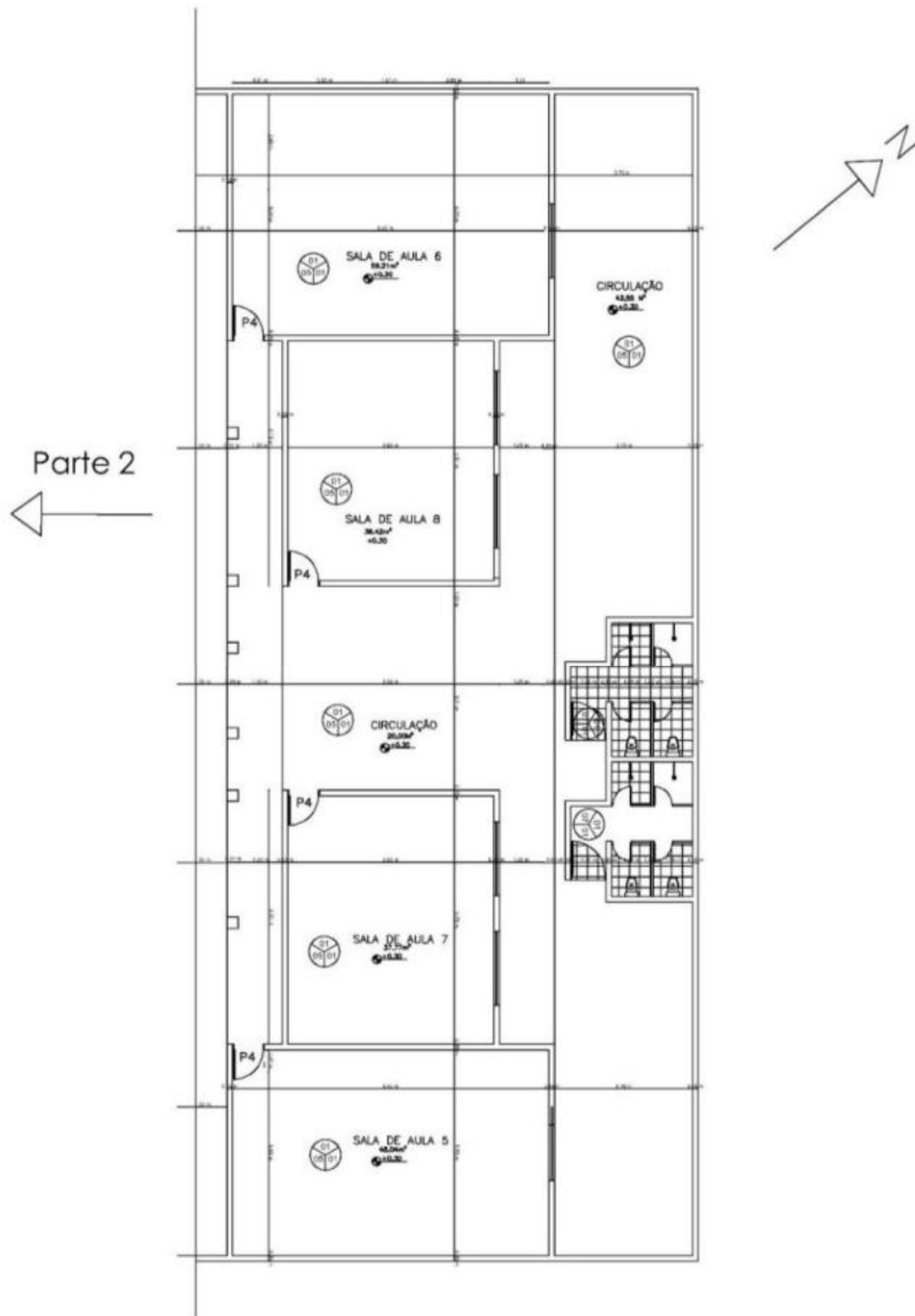


Figura 3. Planta Baixa Parte 3, Delmiro Gouveia – AL

Além disso, as áreas necessárias para utilização do software WEBPrescritivo foram obtidas através da planta baixa disponibilizada pela Prefeitura de Delmiro Gouveia e da averiguação in loco. Os dados de entrada utilizados no software constam na tabela abaixo:

Tabela 4. Dados de entrada para o WebPrescritivo (Método das áreas)

Cômodo	Área (m <sup>2</sup> )	Potência	Contribuição da luz natural	Desligamento automático
Banheiro Feminino 1	8	30	Não atendem	Não se aplica
Banheiro Masculino 1	8	30		
Sala De Aula 1	57,8	90	Atendem	
Sala De Aula 2	57,8	105		
Sala De Aula 3	40,5	75		
Sala De Aula 4	66,9	30		
Sala De Aula 5	48,04	60		
Sala De Aula 6	56,21	60		
Sala De Aula 7	37,77	60		
Sala De Aula 8	36,42	75		
Sala Dos Professores + WC	29,55	30	Não atendem	
Coordenação + Wc	9,85	30	Não se aplica	
Banheiro para Deficiente Masculino	5,27	40	Não se aplica	
Banheiro para Deficiente Feminino	5,27	40	Não se aplica	
Laboratório De Informática	25	45	Não atendem	
Sala De Leitura	25	15		
Secretária + Almojarifado + Depósito	27,2	60		
Biblioteca	18,42	40	Não se aplica	
Cozinha + Dispensa + Serviço	42,53	60		
Sala De Vídeo	50	60	Não atende	
Circulação 1	19	45		
Circulação 2	15,25	30		
Circulação 3	68,85	60		
Refeitório	27,00	30		

Fonte: Autores

Verificou-se que nas salas que eram favorecidas pela iluminação natural, as lâmpadas eram ligadas todas de uma só vez. Uma solução seria ajustar a instalação elétrica destas salas para que, de acordo com diminuição da iluminação natural, a iluminação artificial fosse sendo regulada ascendendo lâmpadas gradativamente. Desta forma a iluminação seria economicamente mais adequada.

Após análise do software, a etiqueta gerada foi B.

Para a análise do sistema de condicionamento de ar foram usados como dados de entrada para o WebPrescritivo os seguintes dados:

Tabela 5. Dados de entrada para o WebPrescritivo (Método)

Ambiente	Nº de unidades	Tipo	Capacidade (BTU/h)	Eficiência (W/W)
Sala dos professores	1	Split	9000	3.21
Sala de vídeo	2	Split	7000	3.21
Sala de leitura	1	Split	7000	3.21

Fonte: Autores, Inmetro



Analisados os dados, a etiqueta resultante foi B.

#### 4. CONCLUSÕES

A partir do que foi apresentado, vemos a importância da certificação energética como forma de melhorar as fontes de uso de energia. Diante disso, ao avaliar Escola de Ensino Básico Eliseu Norberto observamos que no âmbito de iluminação e condicionamento de ar a escola se enquadra no nível B, pois ela possui divisão de circuitos, garantindo um controle do sistema de iluminação interna do ambiente assim como também apresenta iluminação natural, pois existem aberturas que proporcionam a entrada de luz natural, porém a escola não satisfaz no requisito de desligamento automático do sistema de iluminação, uma vez que ela não possui um mecanismo de controle automático da iluminação.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior. Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010. Aprova e regulamenta a revisão dos Requisitos Técnicos da qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ).
- CARLO, J. C.; LAMBERT, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun.2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n2/a01.pdf>. Acesso em 15 de março de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO. Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas: comercial, de serviço e público. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010\\_RTQ\\_Def\\_Edificacoes-C\\_rev01.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf). Acesso em março de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO. Manual para aplicação RTQ-C. Disponível em: [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual\\_20170411\\_Notas\\_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf). Acesso em março de 2018.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL-INMETRO. Programa brasileiro de etiquetagem eficiência energética - condicionadores de ar split hi-wall com rotação fixa. Disponível em [http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores\\_ar\\_split\\_hiwall](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores_ar_split_hiwall)
- [\\_indicenovo.pdf](#). Acesso em março de 2018.
- PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. O que é etiquetagem de edifícios?. Disponível em [http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/passos-a-passos\\_9.pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/passos-a-passos_9.pdf). Acesso em março de 2018.
- SANTOS, K. P.; DA COSTA, G.M.; BARROS, B. R. Conforto ambiental em instituições de ensino: análise do campus do sertão da UFAL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15. 2014, Maceió
- Anais eletrônicos... Maceió: 2014, INFOHAB. Disponível em: [http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper\\_552.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_552.pdf). Acesso em 15 de março de 2018.

#### 6. AGRADECIMENTOS

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em nossas vidas, aos nossos pais por não medirem esforços em nos ajudar, aos nossos amigos por todo o apoio, e a nossa orientadora Aline Maria Pereira Nogueira por nos auxiliar e confiar em nossas capacidades.

## A LEGISLAÇÃO E O ADENSAMENTO URBANO: UM ESTUDO DE CASO NO RECREIO DOS BANDEIRANTES, RIO DE JANEIRO

*Andressa Ivo Oliveira da Silva (andressaivo@yahoo.com.br); Virgínia Maria Nogueira de Vasconcellos (virginia.vasconcellos@gmail.com)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil

**Palavras chave:** legislação urbana, adensamento urbano, áreas de expansão urbana, Recreio dos Bandeirantes

*O adensamento urbano é assunto de pauta mundial e muitas são as propostas para tornar as cidades mais sustentáveis. Este artigo chama a atenção para o papel da legislação em áreas de expansão, para onde o olhar dos pesquisadores e planejadores urbanos deve se voltar. Visando à sustentabilidade e à qualidade do ambiente construído, o objetivo principal deste artigo é destacar o papel da legislação urbanística nas áreas urbanas ainda não consolidadas. Essas áreas permitem uma maior flexibilidade para propostas sustentáveis e ambientalmente confortáveis, visto que sua formação ainda não foi concluída.*

*Este trabalho, cujo tema é legislação e adensamento urbano, apresenta como estudo de caso o Bairro do Recreio dos Bandeirantes, no Rio de Janeiro, que é regulado por duas leis de uso e ocupação do solo. Observa-se, porém, que não se adotam regras para resguardar o conforto higrotérmico ambiental, uma vez, que propõem índices altos de ocupação e gabarito.*

*A pesquisa é parte de um trabalho, ainda em andamento, e foi iniciada pela análise da legislação urbanística e levantamentos bibliográficos distintos (contextualização da área e seleção do recorte espacial que lhe serve de base para simulação no Programa ENVI-met). Os resultados, ainda parciais, serão confirmados por medições com instrumentos, que servirão de parâmetro para outras simulações, em diferentes arranjos espaciais. Espera-se que os resultados finais confirmem a hipótese traçada e possam auxiliar na elaboração de novas leis urbanísticas que sirvam de suporte ao planejamento sustentável das áreas em expansão urbana.*

*Ainda assim, com as análises realizadas, já é possível inferir que o adensamento ocasionará um aumento na temperatura e uma diminuição na qualidade de vida dos usuários devido a um desconforto higrotérmico nas áreas onde a legislação permite um maior adensamento de construções, diferente das menos adensadas - as que mantêm arborização e maiores extensões de solo permeável.*

### 1. INTRODUÇÃO

Um dos assuntos mais em destaque na atualidade é o crescimento rápido, o consequente adensamento das grandes cidades e seus impactos nas mudanças climáticas.

Segundo a Organização das Nações Unidas (2015) no Relatório "World Urbanization Prospects", as áreas urbanas compreendem 54% da população mundial. Segundo uma projeção da mesma organização, a população mundial deve apresentar um aumento de 2,5 bilhões de habitantes nas áreas urbanas, entre 2014 e 2050.

De acordo com Romero (2015), o adensamento urbano, ao mesmo tempo em que permite a concentração da infraestrutura, reduzindo custos de implantação e manutenção, altera o clima e, conseqüentemente, as condições de conforto higrotérmico.

O aumento das densidades populacional e construída também atua diretamente nos índices de consumo de energia, que por sua vez, têm efeitos drásticos no ambiente urbano, tornando-o mais quente e, portanto, menos eficiente, do ponto de vista energético.

Com esta preocupação, observa-se que a legislação urbanística em nada vem contribuindo para a saúde e o bem estar físico de seus moradores, sobretudo daqueles que moram em zonas quentes.

Como se sabe, as ilhas de calor, por exemplo, são resultantes do balanço térmico provocado pela urbanização, que com o aumento da impermeabilização do solo, incrementa sua capacidade de armazenamento calorífico e diminui o albedo, minorando a reflexão pela radiação solar das superfícies.

O aumento da rugosidade e da porosidade ao vento, também modifica o movimento do ar, alterando as perdas de calor por convecção, a dispersão de contaminantes, e até mesmo o regime de precipitações. (ROMERO, 2015)

Justificando a importância do resgate das áreas verdes no ambiente externo, a vegetação atua como filtro das radiações absorvidas pelas superfícies, proporcionando uma redução da temperatura do ar nos ambientes próximos, além dos aspectos implícitos da vegetação, que demarcam e compõem os espaços, remetem a valores da natureza, preservando a flora e a fauna e preservando os mananciais hídricos, entre outros tantos benefícios. (ROMERO, 2015; WONG et al., 2010)

O clima urbano, portanto, é o resultado de alterações no balanço energético local, provocado pelas mudanças climáticas substanciais das singularidades do meio, seja pelo tecido, seja pelos demais elementos que compõem a forma urbana. (OKE, 1996)

Brandão et al. (2017) ressaltam a importância da adoção de estratégias bioclimáticas no planejamento urbano para alcançar o conforto térmico no espaço externo, com vista a uma melhor adequação ao clima local. Ainda, é essencial que o planejamento urbano incorpore o poder preditivo do impacto climático das estratégias urbanísticas adotadas. (OKE, 1984)

Segundo Oliveira (1988), são características condicionantes do clima urbano: a rugosidade, a densidade de construção, o tamanho da estrutura urbana (em altura e extensão horizontal), a ocupação do solo (elementos importantes: concentração/dispersão de atividades, a centralização/descentralização e a proporção de áreas verdes) a orientação, a permeabilidade superficial do solo urbana e as propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes da estrutura urbana.

Observa-se que parâmetros e índices urbanísticos presentes na legislação de uso e ocupação do solo, orientam a forma de crescimento da cidade e revelam características que podem modificar o clima. Do mesmo modo, os condicionantes do clima, podem ser identificados/analísados pelo estudo da forma urbana.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho é analisar, de forma empírica, os efeitos do adensamento urbano no clima local, de uma área urbana ainda não consolidada, que se encontra em processo de ocupação, face ao previsto na legislação. Como objetivo secundário, o trabalho pretende estabelecer critérios para a definição de pontos, que possam mostrar a vulnerabilidade de um local e que possam ser avaliados a partir de medições com instrumentos e simulações no Programa ENVI-met.

## **3. METODOLOGIA**

Para se entender o processo de densificação no Recreio dos Bandeirantes, foram consultadas as leis que regeram o uso e a ocupação do solo nesse Bairro, analisando o

aparato legislativo desde o Plano de Lucio Costa, passando pela Carta Magna de 1988 até as leis municipais recentes.

Com base nas últimas Leis de uso e ocupação do solo da região, vigente na Certidão de Informações da Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio de Janeiro – Lei 104/2009 e Lei 3046/1981 - foi selecionado o Setor A como estudo de caso. A escolha foi motivada por sua localização estratégica (ser contíguo à área densamente ocupada e, possivelmente o primeiro a ser adensado); proximidade com a via expressa que comporta equipamentos de lazer, serviço e comércio; a continuidade da forma da malha urbana, para justificar as entradas de vento e insolação; o potencial de ocupação na legislação e o percentual de áreas permeáveis e arborizadas.

As análises foram realizadas por meio de visitas ao local, estudo de imagens de satélite e exploração da legislação incidente, além de simulação. Os dados climáticos usados como base para a simulação no *software* computacional ENVI-met, foram obtidos do Aeroporto de Jacarepaguá, mais próximo da área estudada - o Bairro do Recreio dos Bandeirantes, na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro e nos sites da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro.

#### **4. A LEGISLAÇÃO URBANÍSTICA E DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**

A Constituição Federal de 1988, lei maior a qual rege todas as outras legislações do país, disponibiliza um capítulo para tratar da política urbana, a fim de garantir o bem-estar de seus habitantes. Para sua regulamentação, foi desenvolvido o Estatuto da Cidade (Lei Federal nº. 10.257/2001), que ordena o pleno desenvolvimento das funções sociais e da propriedade urbana e elege, para essa ordenação, o Plano Diretor. Esse, por sua vez, é definido como instrumento básico da política de expansão urbana, além de conciliar o desenvolvimento econômico e social de um município com preservação e proteção ambiental.

Desse modo, a Lei Complementar nº 111, de 1º de fevereiro de 2011, que dispõe sobre a Política Urbana e Ambiental do Município e institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Sustentável do Município do Rio de Janeiro em seu Título I, Capítulo 1, art. 1º, inciso I, constitui no art. 2º demais incisos, os princípios básicos para política urbana:

- I. desenvolvimento sustentável, de forma a promover o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social;
- II. função social da cidade e da propriedade urbana;
- III. valorização, proteção e uso sustentável do meio ambiente, da paisagem e do patrimônio natural, cultural, histórico e arqueológico no processo de desenvolvimento da Cidade;
- ...
- IX. garantia de qualidade da ambiência urbana como resultado do processo de planejamento e ordenação do território municipal;

Pormenorizando as especificações, as diretrizes do Plano Diretor são detalhadas em outras normativas, onde são reveladas as relações diretas com o uso e a ocupação do solo. O Decreto nº 1.269/1977, instaura em seu art. 5º que a definição de traçados viários, planos de massa e padrões de uso e ocupação do solo, serão feitos através de Projetos de Estruturação Urbana – PEU, considerando as particularidades de cada Região Administrativa.

Os PEUs são objeto de áreas de renovação ou remanejamento, constituídas por vazios urbanos, dentre outros. Assim, em 2009, foi instaurada a Lei Complementar 104/2009 – PEU das Vargens – que contempla o Bairro do Recreio dos Bandeirantes.

Isso posto, é inquestionável que, para a organização urbana, é necessário que sejam tomadas decisões governamentais, deliberadas por meio de um aparato legislativo, que dirige a ocupação de uma cidade. Dessa forma, a questão bioclimática deve estar contida

nas leis que definem as formas de ocupação de determinado espaço, visando à relação do homem com o meio, além de conferir saúde à cidade em si. Romero (2015) ressalta ainda que o desenho urbano concretizado sem considerar os impactos no ambiente gera desequilíbrio no meio também no conforto e salubridade da população.

## 5. O BAIRRO DO RECREIO DOS BANDEIRANTES – RIO DE JANEIRO

O Bairro do Recreio dos Bandeirantes, está localizado na Zona Oeste da Cidade do Rio Janeiro, na Área de Planejamento 4 (AP4), que reúne os bairros de Itanhangá, Barra da Tijuca, Joá, Camorim, Grumari, Recreio dos Bandeirantes, Vargem Grande, Vargem, da XXIV RA, da Barra da Tijuca



Figura 27. Mapa com a divisão administrativa do Rio de Janeiro e destaque para o Recreio dos Bandeirantes.

Inicialmente a Baixada de Jacarepaguá, onde o Bairro está inserido, não fazia parte das principais rotas comerciais da Cidade. O Decreto 6000/37 (e a Legislação Complementar, até 1950), excluía essa área da Zona Industrial da Cidade, por estar afastada das ferrovias que se comunicavam com Minas Gerais e São Paulo (ABREU, 1987), o que manteve a extensão como uma área ambiental, com casas de veraneio e ocupação tardia da Cidade.

O setor imobiliário se voltou para o local, a partir do lançamento do Plano Piloto de Lucio Costa, em 1969 (CARDEMAN, 2014). Ainda propondo mudanças para a região promissora, o Decreto 3046/81 fazia alterações de gabarito e de condições de parcelamento, promovendo a verticalização e a diversificação de usos.

Os grandes lotes existentes nessa área fizeram com que o mercado imobiliário exercesse pressão para alteração da legislação urbanística, contribuindo para a promulgação da Lei Complementar 104/2009, conhecida como “PEU das Vargens”, favorecendo o maior adensamento da localidade (CARDEMAN, 2014), e permitindo aumento de gabarito em algumas áreas.

Atualmente, os efeitos da Lei Complementar 104/2009 encontram-se suspensos com algumas ressalvas, entretanto, o presente trabalho tem o intuito de fazer uma análise dos efeitos do adensamento urbano e para isso, utiliza os dados dessa legislação que consta na Certidão de Informações da Secretaria Municipal de Urbanismo do Rio de Janeiro<sup>89</sup>.

<sup>89</sup> A Lei Complementar 104/2009 encontra-se com seus efeitos suspensos, pois já passou por uma revisão com o Projeto de Lei Complementar 140/2015, que define novas normas de aplicação de instrumentos de gestão do uso e ocupação do solo. Entretanto o Projeto de Lei de 2015 não está em vigor e encontra-se em tramitação na Câmara dos Vereadores do Rio de Janeiro.



Vale destacar que a Lei Complementar engloba outros bairros (Figura 28), que fazem parte de uma parcela da Cidade do Rio de Janeiro ainda em expansão. Contudo, o objeto de estudo do presente trabalho é apenas a área em expansão no Bairro em análise.

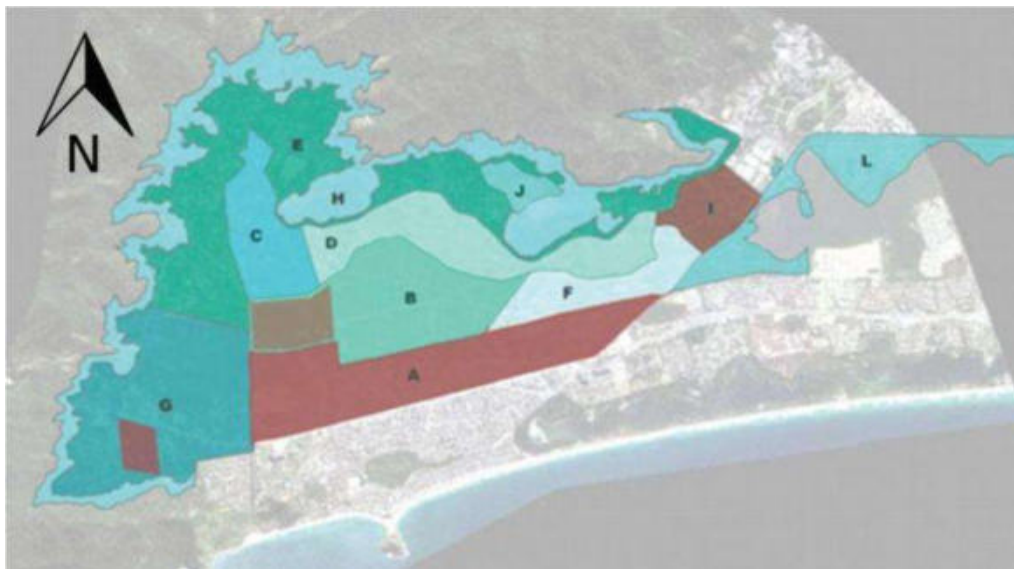


Figura 28. Setorização do PEU das Vargens. Fonte: Cardeman, 2014.

Como se pode observar na Figura 29, a formação do Bairro se iniciou e adensou junto à orla, onde a legislação vigente ainda é a Lei 3046/81. Com a abertura da Avenida das Américas o adensamento ficou mais evidente, uma vez que a via é um forte limite físico do Bairro. No entanto, a expansão da área já ultrapassa este limite e caminha a passos firmes em direção ao interior do Bairro. Desta forma, é possível verificar que a parte sul da Avenida principal já está consolidada, enquanto a parte norte da via mantém diversos vazios urbanos como potenciais áreas de adensamento.



Figura 29. Setorização do PEU das Vargens no Bairro do Recreio dos Bandeirantes. Fonte: Autores, trabalhado sobre base Google Earth.

A Lei Complementar 104/2009 divide o Bairro em cinco setores, conforme ilustrado na Figura 29. São eles, A, B, F, G e H, com seus respectivos índices urbanísticos (Tabela 12)

Tabela 12. Resumo dos índices urbanísticos máximos permitidos na Lei Complementar nº 104/2009 para cada setor abrangido pelo Bairro do Recreio dos Bandeirantes.

ÍNDICES URBANÍSTICOS	SETOR A	SETOR B	SETOR F	SETOR G (variado)	SETOR H
Área mínima do lote	525m <sup>2</sup>	360m <sup>2</sup>	360m <sup>2</sup>	180 a 5000 m <sup>2</sup>	500m <sup>2</sup>
Nº de pavimentos/ altura	6 pisos (20m)	9 pisos (30m)	8 pisos, (27m)	2 a 8 pisos (8 a 30m)	2 pisos (9m)
IAT máximo	3	3	2,5	0,4 a 3	0,4
Taxa de ocupação	75%	50%	50%	20 a 60%	20%
Taxa de permeabilidade	20%	50%	50%	10% a 60%	60%

A partir da extração de dados da legislação, é possível perceber, portanto, que os setores B e F poderão receber edificações com altura máxima semelhante, o que poderia acarretar em uma concentração de edifícios altos e um aumento de capacidade de armazenamento calorífico por meio dos materiais das edificações. Essa é uma das causas da ilha de calor, que mantém forte relação com a geometria urbana e a inércia térmica dos materiais de construção (ROMERO, 2011).

Além disso, as taxas de ocupação desses setores são de 50%, sabendo que quanto maior a ocupação do solo, maior reforço da ilha de calor. Vale destacar que os outros 50% de taxa permeável são excelentes oportunidades para a manutenção de áreas verdes.

A circulação do ar nos centros urbanos é importante para indicar o potencial de ventilação natural nas edificações, evitar a concentração de poluentes nas vias e contribuir com o conforto térmico do pedestre (ROMERO, 2011). A densidade construtiva indicada pela taxa de ocupação e número de pavimentos/altura do setor A, podem servir de obstrução para a penetração do vento no meio das quadras dos nos setores B e F, já que funcionaria como um bloqueador da brisa marítima. Esse movimento de ar, chegaria no setor A depois de já ter sofrido barreiras das construções existentes na parte da sul da Avenida das Américas, que de um modo geral, possuem gabarito médio de quatro pavimentos.

Ainda no setor A, extensão próxima à principal via do Bairro (Avenida das Américas), é permitido uma alta taxa de ocupação e baixa taxa de permeabilidade, indicando que o trecho receberá uma concentração de materialidade impermeável no solo e uma consequente diminuição das áreas verdes. Além das questões de drenagem urbana, materiais de revestimento como o asfalto e o concreto, absorvem muita radiação e transformam em calor, aumentando a temperatura na superfície.

Ademais, existe consenso entre os autores sobre os benefícios das áreas verdes nos centros urbanos. Entre outros benefícios, é por meio da evapotranspiração, as árvores contribuem com a diminuição da amplitude térmica e da temperatura urbana e favorecem à qualidade de vida. (ROMERO, 2011)

O setor H, situado bem próximo à encosta possui baixo gabarito e taxa de ocupação e alta taxa de permeabilidade, indicando uma proveitosa área para estratégias ambientais sustentáveis. Já o setor H, possui também indícios de uma área de provável adensamento, podendo gerar também os problemas já ressaltados.

Foi escolhido para análise o setor A, visto que além de permitir a maior taxa de ocupação proposta na Lei, o setor é favorecido com a proximidade à Avenida das Américas, com fácil visibilidade, acessibilidade e deslocamento. Assim, sua ocupação tende a ter preferência no processo de ocupação da área.

### Análise do recorte de estudo

A fim de se verificar as possibilidades de adensamento, levantaram-se graficamente as áreas não ocupadas no setor A (Figura 30). Apesar de ser o mais consolidado dos setores em estudo, ele ainda reserva cerca de 40% de seu território, passíveis de construção.

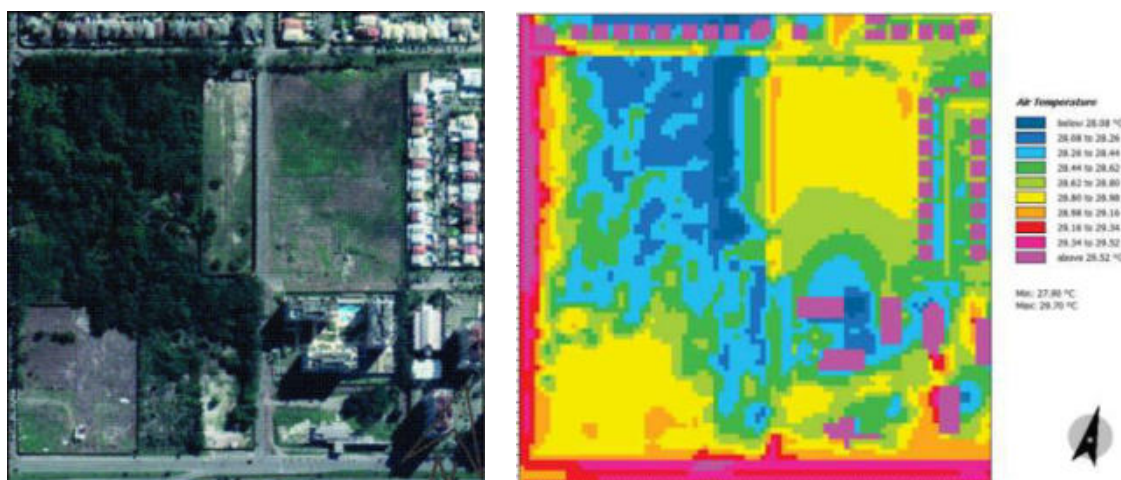


**Figura 30.** Mapa do Setor A e áreas ainda não ocupadas. Fonte: Autores, trabalhado sobre base Google Earth.

Dentre os vazios urbanos existentes, a tendência de crescimento é maior nas áreas fronteiriças com a Avenida das Américas. Portanto, foi selecionado um desses espaços como recorte de análise do clima local.

Realizou-se também uma simulação no programa ENVI-met com os dados obtidos da Estação Meteorológica do Aeroporto de Jacarepaguá, a fim de entender o comportamento da temperatura do ar no recorte selecionado. O cenário de análise foi para um dia típico de verão no mês de fevereiro, o dia 16/02, conforme Klein (1977), quando as temperaturas estão mais altas e desconforto no espaço urbano é maior.

Além dos dados climáticos retirados da base de dados do Aeroporto, as configurações utilizadas no modelo foram: tamanho de 450x450; grid 90x90; horário de início 00h; total de 24 horas simuladas.



**Figura 31.** Simulação no programa ENVI-met. Fonte: Google Earth e ENVI-met.

Na Figura 31, foi apresentado apenas o mapa extraído para as 16h, pois o objetivo da análise é verificar a variação de temperatura dentre as diferentes ocupações do solo, e não necessariamente, os valores em termos absolutos.



Os dados resultantes atendem às expectativas, apresentando valores maiores nas áreas asfaltadas e pavimentadas do que nas áreas verdes. A diferença de temperatura se justifica pela densidade da vegetação, já que as áreas com maiores temperaturas contam com revestimento de gramínea, enquanto as regiões menos quentes recebem massa arbórea em sua superfície. Nas frações do território ocupadas com edificação, os valores se revelaram mais altos, dando indícios de como ficará o local com o aumento das áreas construídas.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os levantamentos feitos, buscou-se identificar as principais alterações para mapear em quais pontos seria interessante colocar os instrumentos, a fim de medir as maiores variações sofridas com o processo de adensamento.

Segundo Romero (2015), temperatura, umidade, velocidade do vento e radiação são aspectos que podem ser controlados e, portanto, fazem parte do planejamento urbano. Desse modo, averigou-se o quanto essas variáveis poderiam ser alteradas com a urbanização do local. A autora também trata das precipitações, mas sugerindo formas projetuais de lidar com a questão, fornecendo proteção de marquise, por exemplo. Por isso, esse item não foi considerado.

Para auxiliar o mapeamento dos pontos, foram analisadas, também, as características das edificações como altura, materialidade e relação de permeabilidade com o solo. Pode-se observar que, no ponto 1, as casas possuem em torno de 6 metros de altura, são de alvenaria, suas coberturas são muito próximas em alguns trechos e as residências ocupam cerca de 50% do terreno, o que não retrata o percentual total de impermeabilidade, uma vez que os jardins e quintais são, em geral, pavimentados ou ocupados por piscinas (Figura 32).



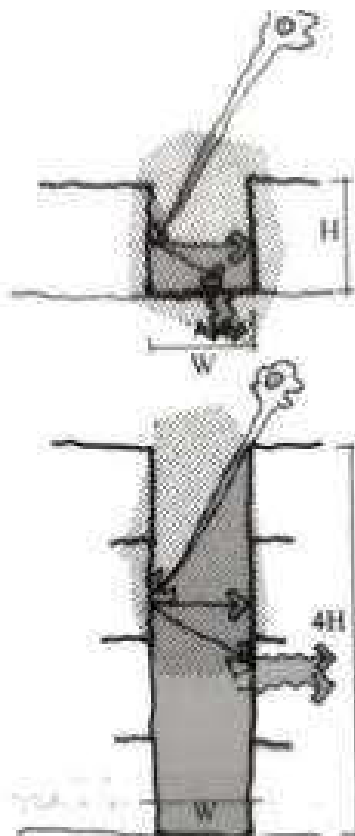
**Figura 32.** Edificações dos pontos 1, 4 e 5. Fonte: Google Street View.

Os pontos 2, 3 e 6 não possuem edificações no seu entorno, apenas vegetação mais ou menos densa. Já o ponto 4 possui residências unifamiliares com características bem próximas às dos ponto 1, e o ponto 5 se diferencia por ter torres multifamiliares com 33 metros de altura, edificação em concreto e bastante uso de vidro nas varandas, além de uma relação de ocupação do terreno de cerca de 40% de área impermeável, considerando as edificações e as áreas pavimentadas. (Figura 32)

Em relação à velocidade do vento, apesar de ser possível a criação de alguns corredores de ventilação dependendo da configuração das edificações construídas, de um modo geral, a velocidade reduzirá, face ao encontro de novos obstáculos. Será importante, portanto, quantificar essa alteração de velocidade, o que justifica os pontos 1 e 4 (Figura 34).

Quanto à temperatura do ar, devido ao aumento da massa edificada, a tendência é que a estocagem de energia solar também se eleve. É possível que haja um aumento de temperatura significativo devido ao coeficiente de transmitância geralmente inserido, como o concreto e até mesmo o próprio vidro. Além disso, a vegetação é uma importante aliada na diminuição da amplitude térmica e geradora de benefício térmico. No que tange à umidade, sua diminuição é provável devido à minoração das áreas verdes. Pretende-se fazer essa avaliação com os pontos 2 e 5 (Figura 34).

Já para os impactos da radiação solar, a proporção  $W/H$  dos espaços, ou seja, a relação da largura entre as edificações com a altura dos prédios, também é um fator de geometria urbana que influencia diretamente. No adensamento a ser concretizado, o gabarito permitido é de 20 metros, o que permite induzir que será uma área de alta densidade (proporção de quatro ou mais). Nesse caso, a maior parte da absorção solar é retida acima do solo, fazendo com a que a região, no nível do pedestre, se mantenha com baixa incidência de radiação solar. (Figura 33)



**Figura 33.** Impactos da radiação e proporção  $W/H$ . Fonte: Romero, 2015.

Ainda sobre a radiação, a condutibilidade térmica dos materiais define sua reação à radiação térmica e solar, com os coeficientes de reflexão, emissividade e absorção. A vegetação, por exemplo, tem menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica do que os materiais geralmente utilizados nas edificações, como o concreto. Ainda, as áreas verdes têm grande capacidade de absorção e baixa reflexão, além de realizarem a evapotranspiração, que provocam diminuição da temperatura. Essa aferição pode ser feita em diversos pontos, inclusive o ponto 3 (Figura 34).

Se por um lado o calor radiante pode ser acrescido com a diminuição das áreas verdes, quando se trata da relação  $W/H$ , seu incremento já não é uma tendência. Para entender esse comportamento, foi proposta a localização do ponto 2 (Figura 34).





Figura 34. Mapa com localização dos pontos mais vulneráveis.

Fonte: Autores, trabalhado sobre base Google Earth.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos ainda são iniciais, embora já possam dar uma perspectiva abrangente dos possíveis efeitos do adensamento urbano no clima do Bairro do Recreio dos Bandeirantes, caso a legislação não considere o conforto ambiental.

Ao analisar as edificações existentes dos pontos 1, 4 e 5 é possível observar que nas residências dos pontos 1 e 4 por terem alguns de seus telhados muito próximos aos dos vizinhos, a circulação de ar entre essas casas é dificultada, podendo ocasionar um aumento local de temperatura do ar. Além disso, as áreas permeáveis dessas edificações são pequenas.

Por outro lado, as torres apresentadas no ponto 5, causam uma obstrução do vento para as áreas que estariam no terreno a norte das edificações. Mesmo que a área permeável seja maior, pode ocorrer um aumento da temperatura no nível do solo, devido às relações de radiação e proporção W/H.

Vale, portanto, destacar que se as novas edificações a serem inseridas com seis pavimentos e taxa de permeabilidade de apenas 20%, como sugere a legislação, podem causar uma obstrução de ventilação para todas as edificações atrás dessas, além de possivelmente provocarem um aumento da temperatura. Entretanto, o alto gabarito permitiria que as ruas continuassem sombreadas devido às alturas dos prédios.

As análises apresentadas revelam que do ponto de vista ambiental, o adensamento urbano fará com que as áreas fiquem mais quentes devido ao incremento de superfícies construídas e diminuição de áreas verdes. Entretanto, sem uma análise pormenorizada da proporção W/H, não é possível deduzir que haverá aumento da radiação e da temperatura do ar próximo ao solo.

É possível inferir, também, uma diminuição da qualidade de vida dos usuários devido ao desconforto higrotérmico pela redução da permeabilidade do solo e do aumento de gabarito, sobretudo no que tange à ventilação natural, com a formação de obstruções à passagem do vento e pelo aumento da rugosidade do tecido urbano.

Tais características são comuns nas áreas já adensadas em que as possibilidades de mudança são restritivas, entretanto, o estudo se dedica a analisar o futuro de uma localidade em expansão, onde ainda há potencial para alterações na legislação, visando ao conforto higrotérmico e tornando as áreas mais sustentáveis do ponto de vista ambiental, social e até mesmo econômico.

Após conhecer bem a legislação para uma determinada localidade, deve-se: verificar que medidas devem ser tomadas para mitigar os possíveis problemas bioclimáticos que possam ocorrer com a sua aplicação e propor alterações possíveis nas leis, visando à qualidade e à sustentabilidade da ocupação urbana, caso se antevejam que os danos possam ser irreversíveis.

Muitas dessas contribuições passam pelas solicitações e preocupações dos ambientalistas. No que tange à sustentabilidade, as alterações oriundas do processo de crescimento urbano, desvinculado de um planejamento integral, geram problemas singulares e preocupantes, pois fazem parte de um sistema cíclico e contínuo que se realimenta e cuja tendência é piorar.

O aumento da urbanização é uma tendência comprovada em diversos lugares ao redor do mundo, sem previsões de retrocesso. Por sua vez, as leis compõem o processo de planejamento urbano enquanto ordenação do espaço construído. Destarte, se faz necessária uma preocupação cada vez mais incisiva com os impactos do adensamento no clima local, incentivando no aparato legislativo, o pendor para a perseguição de critérios mais sustentáveis de ocupação do território.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. A. (1987). *Evolução Urbana do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IPLANRIO.
- Brandão, L. K. V. et al. (2017). *Configuração urbana e seus impactos no microclima: estudo de caso em Arapiraca-AL*. In: *Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis*. São Leopoldo: Anais... São Leopoldo: Casa Leiria; 1CD-ROM
- Cardeman, R.G. (2014). *A transformação da paisagem em área de expansão urbana: planejamento em Vargem Grande na cidade do Rio de Janeiro*. Tese de doutorado. (Doutorado em Arquitetura) UFRJ/PROARQ. Rio de Janeiro, Brasil.
- Klein, S. A. (1977). *Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces*. In: *Solar Energy*, v. 19, p. 325-329. Disponível em <<https://www-sciencedirect.ez29.capes.proxy.ufrj.br/science/article/pii/0038092X77900019>>
- Oke, T.R. (1984). *Towards a prescription for the greater use of climatic principles in settlement planning*. In: *Building and Environment*. Disponível em <<https://www-sciencedirect.ez29.capes.proxy.ufrj.br/science/article/pii/0378778884900409>>
- Oke, T.R. (1996). *Boundary layer climates*. New York: Routledge.
- Oliveira, P. M. P. (1988). *Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano*. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Planejamento Urbano) Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.
- Organização das Nações Unidas. (2015). *World urbanization prospects - the 2014 revision*. Disponível em <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>.
- Romero, M.A.B. (2015). *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: UnB.
- Romero, M.A.B. (2011). *Arquitetura do lugar: uma visão bioclimática da sustentabilidade em Brasília*. São Paulo: Nova Técnica Editorial.
- Wong, N. H. et al. (2010). *Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls*. In: *Building and Environment*, v. 45, n. 3, p. 663-672. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036013230900198X>>

## 9. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# PRECIPITACIÓN DE CARBONATO DE CALCIO INDUCIDA POR MICROORGANISMOS. EVALUACIÓN DE SU UTILIDAD EN LA REPARACIÓN DE FISURAS EN MORTEROS DE EXPERIMENTACIÓN.

Diana Gonzalez ([gonzalezdianelag@gmail.com](mailto:gonzalezdianelag@gmail.com)); Anabela Guillarducci ([aguillard@frsf.utn.edu.ar](mailto:aguillard@frsf.utn.edu.ar)); Rudy Grether ([rogrethe@frsf.utn.edu.ar](mailto:rogrethe@frsf.utn.edu.ar)); Sergio Guerrero ([saguerrero@gmail.com](mailto:saguerrero@gmail.com)); Federico Andrés ([fandres@frsf.utn.edu.ar](mailto:fandres@frsf.utn.edu.ar))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN-FRSF), Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI). - Arg.

**Palabras clave:** biohormigón - precipitación - carbonato - bacteria - fisura

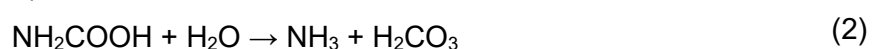
*En las estructuras de hormigón armado se pueden producir fisuras en diferentes etapas de la vida en servicio, estas pueden solo afectar la apariencia, pero también pueden comprometer la resistencia y la durabilidad de la estructura. Por lo tanto, la reparación de las mismas atiende a motivos estéticos y funcionales, pero sobre todo de durabilidad ya que las fisuras son una vía por la cual ingresan con mayor facilidad agentes agresivos de tipo químico, que favorecen la aparición de otras patologías como la corrosión.*

*Como se mencionó anteriormente la presencia de fisuras no siempre reviste un problema significativo del tipo estructural, ya que se presentan de forma tal que no sobrepasan determinados espesores de recubrimiento. En dicha instancia es cuando es oportuno repararlas para detener su propagación evitando condiciones críticas. En este sentido, la precipitación de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) inducida por microorganismos es un fenómeno utilizado en el desarrollo de materiales cementicios auto-reparantes que sellan las fisuras desde el mismo momento de su generación, permitiendo preservar la integridad de las estructuras y protegerlas de otras patologías.*

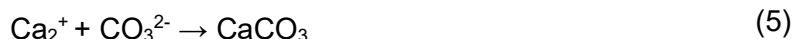
*Dado a que la incorporación de la masa biológica al hormigón se realiza a través del agua de amasado, se pretenden definir las variables que permitan el desarrollo de la bacteria *Lysinibacillus sphaericus* 2362 y que a su vez se ajusten a los requisitos para el agua de amasado establecidos en la norma IRAM 1601:2012.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que las fisuras pueden causar diferentes problemas dependiendo de su tamaño (donde las de mayor tamaño afectan la resistencia del material y de los elementos estructurales y por lo tanto deben ser reparadas), se desarrolla la idea de un material cementicio capaz de auto-repararse [1][2][3]. Dicho material contará con la habilidad de conseguir una reparación que nacerá del interior de la patología que produce la fisura en él. Esta tecnología que se está comenzando a hacer más conocida con el nombre de selfhealing o auto-reparación, tiene su basamento teórico en la precipitación de carbonato de calcio, dentro de sus grietas, inducida por microorganismos con alta actividad ureolítica [4][5][6][7][8]. Así, mediante la actividad ureasa microbiana, 1 mol de urea se hidroliza a 1 mol de amoníaco y 1 mol de carbamato (ecuación 1), el carbamato se hidroliza espontáneamente para formar 1 mol adicional de amoníaco y ácido carbónico (ecuación 2) como sigue:



Estos productos se equilibran en agua para formar carbonato (ecuación 3), iones de amonio e hidróxido (ecuación 4) que dan lugar a un aumento del pH. El carbonato así generado se combina con los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  presentes en la solución de poros formando carbonato de calcio (ecuación 5).



La reparación de una fisura desde el mismo momento de su generación será de gran ayuda para preservar la integridad de las estructuras y protegerlas de otras patologías [2]. Es importante mencionar que este tipo de tecnología, si bien se conoce a nivel mundial, no es utilizada por ningún grupo de investigación a nivel regional o nacional.

En el presente trabajo se aborda la optimización de procedimientos y tecnologías para producir agua de amasado con contenido de baterías ureolíticas, con el objetivo de que la misma cumpla los requisitos definidos en la norma IRAM 1601:2012 [9]. Esto permitirá en un futuro poder obtener morteros experimentales, potencialmente, auto – reparantes, basándose en el fenómeno antes descrito (reacción 5).

## 2. METODOLOGÍA

Con el objetivo de definir un medio de cultivo que permita el desarrollo del microorganismo de interés y cumpla con los requisitos de agua de amasado, se realizaron las siguientes evaluaciones.

### 2.1. Caracterización fenotípica de la cepa bacteriana

La bacteria que se utiliza en el proyecto de investigación, dentro del cual se enmarca el presente trabajo, se denomina *Lysinibacillus sphaericus* 2362, cepa original del instituto Pasteur de Paris, aislada de la tierra, cedida a nuestro grupo por la Dra. Mariana Allievi (CONICET y Facultad de Cs. Exactas y Naturales, UBA). Con el objetivo de confirmar la cepa bacteriana, se procedió a determinar las características físicas, fisiológicas, y de comportamiento (caracterización fenotípica) de la misma.

### 2.2. Evaluación de la actividad ureasa

El medio Urea de Christensen es un medio de cultivo con tripteína y glucosa, que aportan nutrientes para el desarrollo de microorganismos. Tiene también cloruro de sodio para regular el equilibrio osmótico, y rojo fenol. Este último es un indicador de pH. Si la bacteria tiene la capacidad de desdoblar urea (presente en el medio) se generará dióxido de carbono y amoníaco. El amoníaco alcaliniza el medio y hace virar de color al indicador. De esta manera el medio se torna rojo.

Para determinar si la bacteria *Lysinibacillus sphaericus* manifiesta actividad ureasa, se utilizó el crecimiento del microorganismo en medio Urea de Christensen agarizado (en pico de flauta) y se realizó la titulación.

### 2.3. Evaluación de la formación de cristales de $\text{CaCO}_3$

Se realizó una prueba cualitativa simple para ver la capacidad de las bacterias para inducir formación de cristales de calcita. Para ello se incubó in vitro, una alícuota de biomasa bacteriana en un medio de precipitación (0,4 % extracto de levadura, 0,5 % glucosa, 1 % urea, 0,25 % acetato de calcio, 1,5 % agar si el medio es sólido), a pH 6, a una temperatura de 34 °C durante 15 días, para luego examinar macroscópicamente si existe formación de cristales sobre la superficie del medio de cultivo [3].

## 2.4. Ensayos de crecimiento en distintos medios

Se utilizaron distintos medios de cultivos para evaluar el crecimiento de la bacteria: lysogeny broth (LB) [10]; medio urea-extracto de levadura (UYE), medio urea-extracto de carne (UME) [11]; medio UYE modificado (dilución 1/5 del UYE) y medio mínimo suplementado también con urea (UM9) [12]. A continuación, se detalla la composición de los medios a evaluar.

Tabla 3. Medios de cultivo y su composición

MEDIO DE CULTIVO					
REACTIVO	LB	UYE	UYE MODIF.	UME	UM9
EXTRACTO DE LEVADURA	5 g/L	20g/L	5 g/L	20 g/L	
CLORURO DE SODIO	10g/L				8.55 mM
TRIS-BASE		0.13M	0.13 M	0.13 M	
EXTRACTO DE CARNE					
PEPTONA	10 g/L				
CLORURO DE AMONIO					9.35 mM
UREA		10 g/L	10 g/L	10 g/L	10 g/L
FOSFATO ÁCIDO SÓDIO					33.7 mM
FOSFATO DIÁCIDO POTASIO					22.0 mM
GLUCOSA					0.4 %
SULFATO DE MAGNESIO					1 mM
CLORURO DE CALCIO					0.3 mM
BIOTIN					0.001 mg/L

Las bacterias se incubaron a una temperatura de 27°C en agitación a 130 rpm (se utiliza un agitador magnético como medio de agitación) y se toman alícuotas cada hora durante 24 horas y, en cada caso, se determina su densidad óptica a 600 nm en espectrofotómetro.

### Ensayos fisicoquímicos de los distintos medios de cultivos utilizados

Se sometieron los distintos medios a análisis de concentraciones de iones con el objetivo de determinar el medio óptimo para utilizar en el cultivo de la bacteria, el cual no debe interferir en las propiedades del hormigón.

Se determinó el pH y el contenido de cloruros, sulfatos, residuos insolubles y materia orgánica de cada medio, siguiendo la metodología especificada en la norma IRAM 1601:2012 [9], para luego comparar los valores obtenidos con los mínimos y máximos de concentraciones permitidas en agua de amasado definidos en la norma mencionada anteriormente.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Caracterización fenotípica de la cepa bacteriana

Mediante estudios microbiológicos y bioquímicos se logra confirmar la identidad de la cepa bacteriana, un bacilo Gram positivo, esporulado. El microorganismo es catalasa positivo, ureasa positivo, no fermentador de glucosa, no productor de gas a partir de glucosa, no crece en anaerobiosis, no reduce nitrato a nitrito. En base a especificaciones que definen distintos manuales de sistemática en bacteriología se realizó la identificación de *Lysinibacillus sphaericus* (servicio de identificación de microorganismos de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la UNL, Santa Fe).



### 3.2. Evaluación de la actividad ureasa

Como se puede observar en la Figura 1 (izquierda de la imagen), *Lysinibacillus sphaericus* libera ureasa que desdobla la urea para generar amonio en el medio. Esto aumenta el pH y hace virar el indicador rojo fenol.

En paralelo, para visualizar un control negativo, se siembra en otro pico de flauta del mismo medio una bacteria no productora de ureasa (*Escherichia coli*). *Escherichia coli* crece en el medio, pero no produce ningún cambio en el color del medio, como se observa a la derecha de la imagen.

De esta forma queda demostrada la capacidad de *Lysinibacillus sphaericus* de producir la enzima ureasa.



Figura 1: (a) Cultivo *Lysinibacillus sphaericus*. (b) Control.

### 3.3. Evaluación de la formación de cristales de $\text{CaCO}_3$

Siguiendo la metodología descrita en la sección 2.3, se logra obtener cristales compatibles con carbonato de calcio. La reacción frente a HCl diluido genera efervescencia por formación y liberación de  $\text{CO}_2$ . En la figura 2 se puede observar una imagen de cristales de carbonato de calcio obtenida en un microscopio óptico de baja resolución.

Actualmente se está trabajando en la optimización de la obtención de muestras de los cristales para analizarlas por microscopía electrónica.

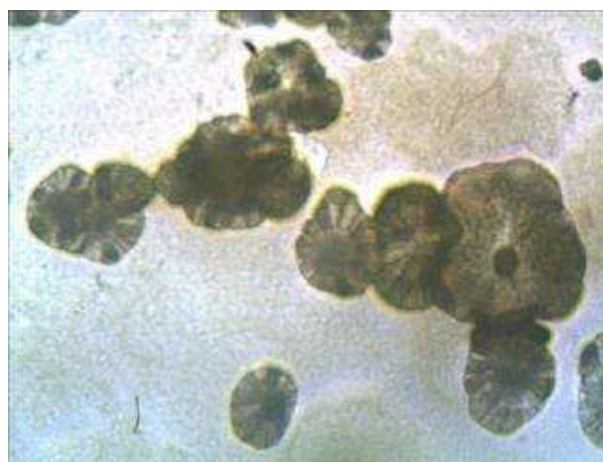


Figura 2: Cristales de  $\text{CaCO}_3$ . Microscopio óptico. Objetivo de 20X

### 3.4. Ensayos de crecimiento en distintos medios

La evaluación del crecimiento de *Lysinibacillus sphaericus* en distintos medios se realiza con el objeto de identificar aquél que produce mayor cantidad de biomasa.

A partir de los resultados obtenidos se puede establecer que la bacteria crece con mayor eficiencia en tres medios UYE, UME y LB. En la Figura 3 se presentan los datos de densidades ópticas determinados para los medios UYE, UYE modificado, UME, UME9 y LB.

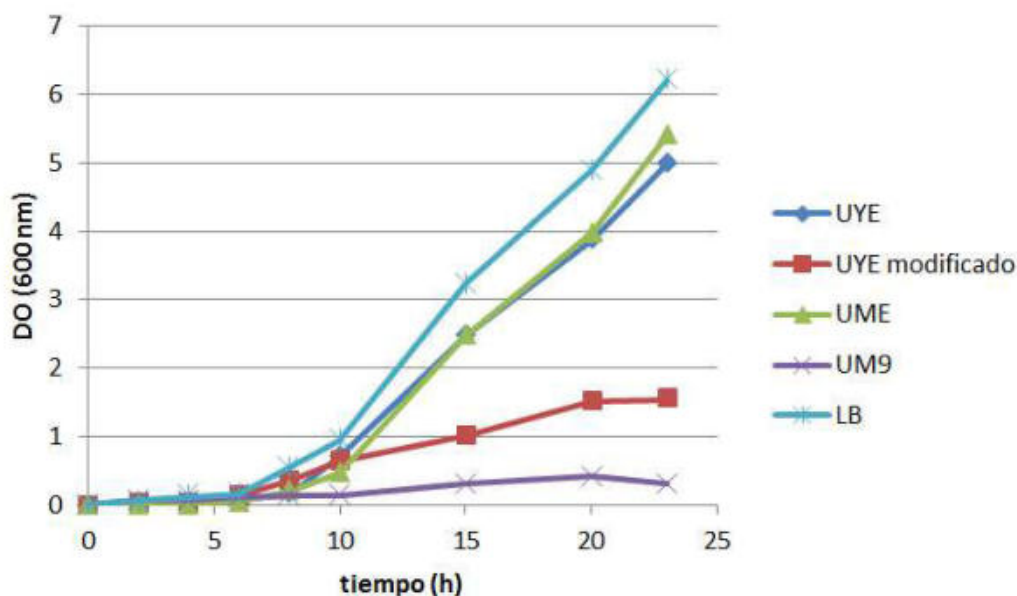


Figura 3: Curvas de crecimiento bacteriano en función del tiempo.

El medio UME9 no presenta un desarrollo del organismo adecuado para el objetivo del proyecto, razón por la cual se descarta dicho medio.

La Figura 4 muestra extendidos de la bacteria con tinción de Gram y observados en microscopio óptico con aumento de 100X (en inmersión). Es posible identificar la característica forma de bacilos y estreptobacilos (cadenas de bacilos) de este organismo, así como también las formas esporuladas resistentes a condiciones de estrés (forma de punto o círculo).

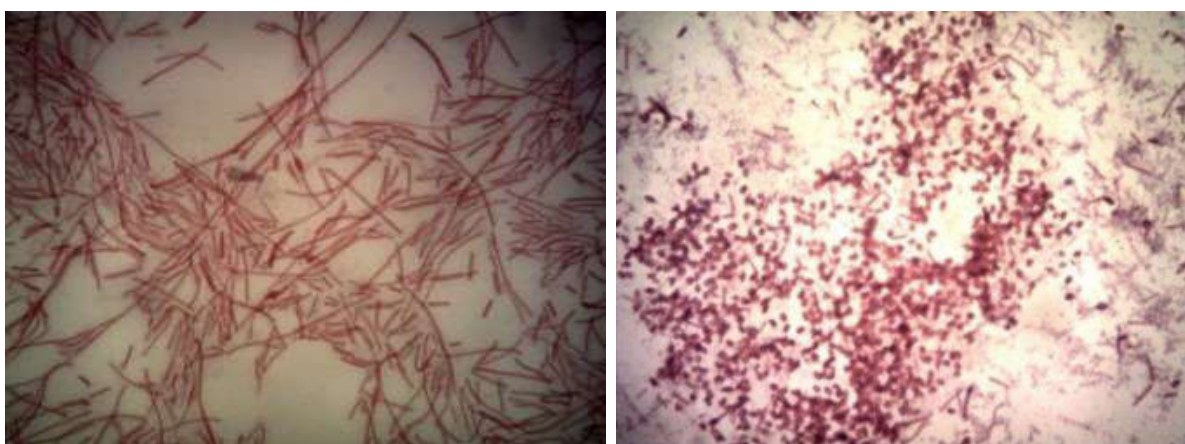


Figura 4: *Lysinibacillus sphaericus*, células vegetativas y células esporuladas

### 3.5. Análisis químicos y fisicoquímicos de los distintos medios

Dado el elevado nivel de cloruros que posee el medio LB en su composición, el cual supera ampliamente los niveles permitidos por la norma de requisitos de agua de amasado, se lo descarta inicialmente.

En la **Tabla 4** se muestran los valores obtenidos en los ensayos fisicoquímicos para cada medio y se los compara con los valores límites definidos por norma [9].

Tabla 4. Comparativa entre los valores límites y los resultados ensayos fisicoquímicos

	Cloruros	Sulfatos	Residuo sólido	Materia orgánica	pH
UYE	1786,26 mg/L	10,50 mg/L	42510 mg/L	41038,03 mg/L	8,0
UYE MOD.	1466,34 mg/L	5,14 mg/L	27805 mg/L	27805,23 mg/L	8,5
UME	319,93 mg/L	30,46 mg/L	41938 mg/L	39727,33 mg/L	8,5
Mínimo s/ IRAM 1601					4-6
Máximo s/ IRAM 1601	4500 mg/L	2000 mg/L	50000 mg/L	3 mg/L	-

Se pudo identificar al medio de cultivo UME (a base de urea, extracto de carne y tris- base como regulador de pH), por su composición, como el que mejor se ajusta a la norma IRAM 1601 [9].

Es importante indicar que el pH de los medios estudiados está por encima de lo permitido, pero este puede ser ajustado con hidróxido de sodio de ser necesario

#### 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se indicaron los resultados obtenidos en la primera etapa de una investigación que tiene un abordaje multidisciplinar a una temática claramente dentro del área Ingeniería Civil. Como principales conclusiones obtenidas a partir de dichos resultados se pueden destacar:

1. Se logró realizar una caracterización fenotípica del microorganismo, con el cual se inducirá en morteros experimentales la precipitación de carbonato de calcio.
2. Se comprobó que la bacteria *Lysinibacillus sphaericus* produce ureasa, fundamental en nuestro proyecto para desdoblar urea y generar carbonatos en medio alcalino.
3. Se analizaron distintos medios de cultivos y en base a su composición y a los análisis químicos y fisicoquímicos realizados se puede concluir que:
4. El medio mínimo (UM9) suplementado con urea no presenta un nivel aceptable de desarrollo de la bacteria.
5. La bacteria creció eficientemente en el medio LB, pero este supera los niveles de cloruro permitidos por norma.
6. El medio UME es el óptimo para emplearse como agua de amasado, ya que en dicho medio el microorganismo mejor se desarrolla, cumpliendo a su vez los requisitos de la norma IRAM 1601:2012,, que define la calidad que debe tener el agua de amasado.
7. Se confirmó que el microorganismo en estudio es capaz de inducir la formación de cristales de carbonato de calcio.

Como trabajo a futuro se propone evaluar la influencia del medio UME y la adición de baterías a la pasta de cemento.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bauerlein, E. *Biom mineralization of unicellular organisms: an unusual membrane biochemistry for the production of inorganic nano- and microstructures*. *Angew. Chem. Int. Ed Engl.* (2003). 42, 614-641.
- [2] Samani, A.K., Berenjian, A. *Bioconcrete: next generation of self-healing concrete*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (2016). 100, 2591-2602.
- [3] Tiano, P., Biagiotti, L., Mastromei, G. *Bacterial bio-mediated calcite precipitation for monumental stones conservation: methods of evaluation*. *J. Microbiol. Methods.* (1999). 36, 139-145.
- [4] Hammes, F., Boon, N., Verstraete, W., Siciliano, S.D. *Strain-specific ureolytic microbial calcium carbonate precipitation*. *Appl. Environ. Microbiol.* (2003). 69, 4901-4909.
- [5] Rivadeneyra, M.A., Ramos-Cormenzana, A., Delgado, G., Delgado, R. *Process of carbonate precipitation by Deleya halophila*. *Curr. Microbiol.* (1996). 32, 308-313.
- [6] Rivadeneyra, M.A., Parraga, J., Delgado, R., Ramos-Cormenzana, A. *Biom mineralization of carbonates by Halobacillus trueperi in solid and liquid media with different salinities*. *Fems Microbiol Ecol.* (2004). 48, 39-46.
- [7] Rivadeneyra, M.A., Martin-Algarra, A., Sanchez-Roman, M., Sanchez-Navas, A., Martin-Ramos, J.D. *Amorphous Ca-phosphate precursors for Ca-carbonate biom minerals mediated by Chromohalobacter marismortui*. *ISME J.* (2010). 4, 922-932.
- [8] Sanchez-Roman, M., Rivadeneyra, M.A., Vasconcelos, C., Mc Kenzie, J.A. *Bom mineralization of carbonate and phosphate by moderately halophilic bacteria*. *FEMS Microbiol, Ecol.* (2007). 61, 273-284.
- [9] Norma IRAM 1601. *Agua para morteros y hormigones de cemento*. Edición 3 del 1/8/2012.
- [10] Ezraty, B., Henry, C., Herisse, M., Denamur, E., Barras, F. *Commercial lysogeny broth culture media and oxidative stress: a cautious tale*. *Free Radic Biol Med.* (2014). 74, 245-251. Seifan, M.,
- [11] Williams, S.L., Kirisits, M.J., Ferron, R.D. *Optimization of growth medium for Sporosarcina pasteurii in bio-based cement pastes to mitigate delay in hydration kinetics*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* (2016). 43, 567-575.
- [12] Rhee, J.I., Bode, J., Diaz-Ricci, J.C., Poock, D., Weigel, B., Kretzmer, G., Schugler, K. *Influence of the medium composition and plasmid combination on the growth of recombinant Escherichia coli JM109 and on the production of the fusion protein ecori::spa*. *J. Biotechnol.* (1997). 55, 69-83.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Tecnológica Nacional por financiar este proyecto (ECUTIFE0004367TC) y al CECOVI (FRSF-UTN) por brindar los medios tecnológicos para realizar nuestra propuesta.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## PILOTO MEJORAMIENTO INTEGRAL CONDominio SOCIAL EL BOSQUE I, SANTIAGO, CHILE /144 VIVIENDAS

Sebastian Mery ([sebastianmery@gmail.com](mailto:sebastianmery@gmail.com))

Mery Arquitectura Diseño y Construcción Spa - Chile

**Palabras clave:** vivienda social, mejoramiento sostenible, reúso de aguas grises, techos solares, logias balcón de servicio.

*Entre los años 80 y 2000 el gobierno de Chile a través del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) construyó más de 120 mil viviendas, reduciendo déficit habitacional a 450.000 residencias, pero cualitativamente generó segregación y pobreza al ser edificaciones con deficientes condiciones de habitabilidad en áreas urbanas carentes de servicios y transporte. Además, se han catastrado 1.555 CVS (10% de la población del país), detectándose que en el 99% de los condominios sus entornos y áreas verdes poseen estado de conservación de regular a malo (Catastro Nacional de Condominios sociales, MINVU. 2014).*

*El Programa Protección del Patrimonio Familiar (PPPF) es el mecanismo o subsidio vigente para mejoras cualitativas de CVSs existentes. Mejora acondicionamiento térmico de muros y ventanas perimetrales, renueva instalaciones eléctricas y sanitarias, rehace entorno y áreas verdes. Sin embargo, no incorpora sistemas de captación de energía solar, no subsana patologías intradomiciliarias asociadas a enfermedades respiratorias por monóxido de carbono producida por combustión e gas en calefones o asociadas a condensación de humedad por lavado y secado de ropa. Además, en lo referido a mejoramiento de entorno, no incluye sistemas de riego alternativo para riego de áreas verdes que no sea agua potable pagada.*

*El proyecto con obras en curso “Piloto MINVU-PPPF Mejoramiento Integral CVS El Bosque I (144 viviendas)”, diseñado el 2017 y construcción 2018 y 19, aborda estas tres problemáticas descritas anteriormente, incorporando arquitectura para colectores solares, logias balcón de servicios e instalaciones y riego de jardines reutilizando agua gris domiciliaria, con el objeto de proponer soluciones replicables y escalables que empatasen con las políticas MINVU de valorización del patrimonio edificado, con las futuras mejoras de los casi 1.600 CVSs del territorio nacional que agrupan a más de 340.000 unidades residenciales (Catastro Nacional de Condominios Sociales, MINVU. 2014) y aportar a la discusión de los alcances y limitaciones del proyecto de ley para recolección y disposición de aguas grises en trámite, con casos reales de implementación.*





## 1. CONTEXTO

El proyecto con obras en desarrollo Piloto MINVU-PPPF Mejoramiento Integral CVS El Bosque I (144 viviendas) es el resultado del trabajo conjunto entre el Departamento de Vivienda de la I.M. de Huechuraba, equipo de Condominios Sociales Seremi MINVU RMS, DITEC MINVU y el equipo AWA, quienes desde mediados del año 2016 a la fecha están desarrollando una alternativa para responder al **desafío de mejorar la calidad de vida de los residentes de los condominios sociales existentes de la región incorporando captación de energía solar, mejorando calidad del aire intradomiciliario y reutilizando aguas servidas.**

Numerosos son los diagnósticos que evidencian los contraproducentes resultados de las políticas públicas de vivienda social que han sido impulsadas en Chile desde el año 1976, en que primó una lógica de producción masiva de vivienda para los grupos sociales más vulnerables sin tener en consideración criterios de habitabilidad y calidad de la construcción. Es así como el propio MINVU (Catastro Nacional de Condominios Sociales, MINVU 2014) identifica que el parque habitacional construido bajo las políticas de vivienda social concentra de manera simultánea diversas problemáticas sociales, habitacionales, urbanas y legales. Todas condiciones que son posible identificar a nivel regional como muestran la Figura 1, entre estas:

- i. Acentuada segregación residencial de población de bajos recursos.
- ii. Rápido deterioro experimentado por la arquitectura de los conjuntos.
- iii. Dificultades de acceso a servicios y equipamientos urbanos de calidad.
- iv. Desafíos implicados en la organización de una comunidad de copropietarios y en la mantención y administración del conjunto.

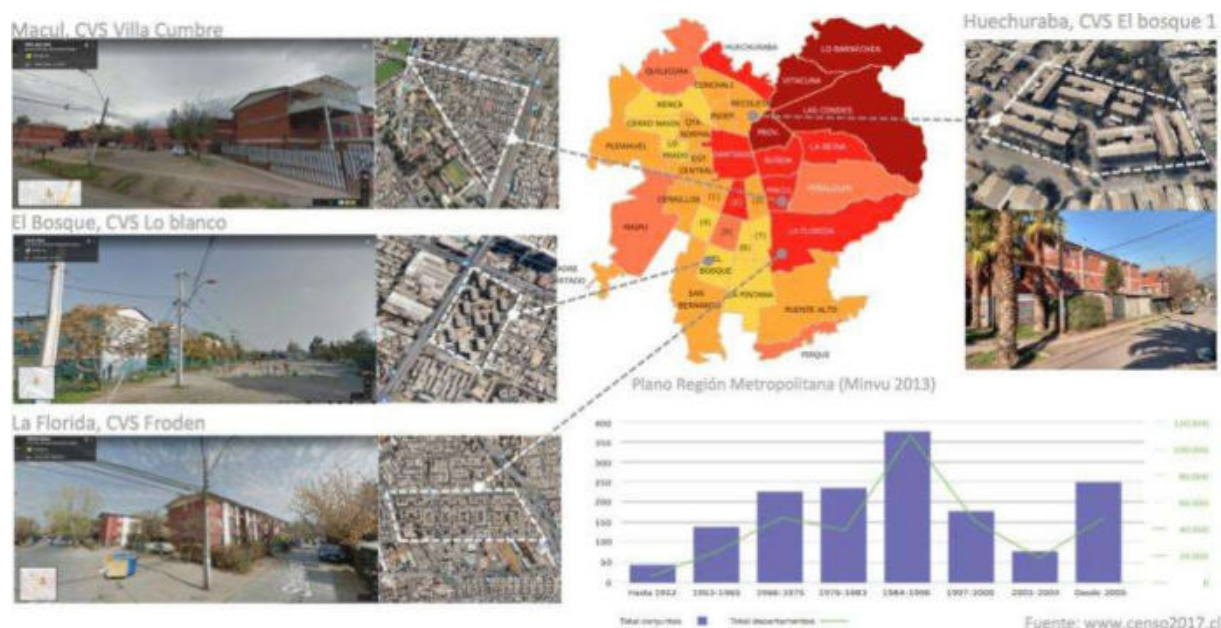


Figura 1. Situación actual de condominios sociales existentes

En respuesta a esta problemática el MINVU ha creado el subsidio *Programa de Protección del Patrimonio Familiar (PPPF)*, como una medida de contrarrestar los efectos negativos de la propia política de vivienda social, financiando proyectos para el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad de lo edificado y entorno de las viviendas en condominios sociales. Este programa aborda tres ámbitos de mejoramiento: Título I Mejoramiento de Entorno, Título II Mejoramiento de Vivienda y Título III ampliaciones. Sin embargo, el subsidio no cubre tres aspectos de gran impacto costo-eficiencia que contribuyen a alcanzar mejoramientos sostenibles integrales, descritos a continuación y representados en la Figura 2:

#### **Título I (TI): Mejoramiento de Entorno:**

Rehabilitación de bienes comunes en 1er como pisos superiores, cierros, escaleras, pavimentación y áreas verdes, entre otros. Sin embargo, el altos costos de mantención de áreas verdes (costos de agua para riego + escasas hídrica) con promedio nacional anual pesos chilenos de \$1.625 / m<sup>2</sup>. (US \$ 3 /m<sup>2</sup>) de áreas verdes regadas con agua potable (Centro Políticas Públicas UC, 2018), no permite a los residentes mantener con riego sus jardines debido a que ellos no cuentan con el poder adquisitivo para costear este recurso. En consecuencia, en el corto plazo estas áreas verdes y su vegetación se transforman en “áreas cafés”, tierra de nadie, contribuyendo a la degradación del entorno, falta de apropiación y generación de focos de delincuencia. Resultados de Informe del Estado del Medioambiente muestra que la falta de recurso para mantención y cuidado de áreas comunes es un problema generalizado en las comunas con población más vulnerable (MMA, 2016).

#### **Título II (TII) Mejoramiento de Vivienda:**

Se entregan obras relacionadas a eficiencia energética, recambio de techumbres deterioradas, retiro de asbesto cemento, cambio de redes de instalaciones eléctricas y sanitarias, acondicionamiento térmico de muros y ventanas perimetrales, entre otros. En el caso de la techumbre, el programa financia la sustitución por cubierta de igual geometría y materiales nobles, sin embargo el programa no aprovecha este cambio para otorgar las condiciones que permita la instalación de colectores de energía solar.

### Título III (TIII) ampliaciones:

Se agregan superficie interiores de baño y dormitorios. Los CVS en altura existentes en su gran mayoría tienen en su interior el calefón o calentador de agua a gas licuado, sus C.G.Ls e instalaciones de lavado y secado de ropa, aumenta los riesgos de intoxicación por monóxido de carbono asociados a la combustión del gas y enfermedades respiratorias asociadas a la humedad del secado de ropa. 90% de intoxicación por monóxido de carbono al año ocurren por presencia de calefón en mal estado al interior de los hogares (Servitox Chile, 2003) y el secado de ropa al interior es un factor relevante en CVS que contribuye a exceder máximo del 70% de humedad relativa aceptable en interiores habitados (INN 2005).



Figura 2. CVS en altura tipo block antes y después de mejoramiento programa PPPF estándar

## 2. IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR Y LA COMUNIDAD BENEFICIADA

### Descripción del lugar

El CVS El Bosque I se construyó el año 1992 (27 años de antigüedad) y se ubica en la Unidad Vecinal N° 10, llamada de origen Pincoya 3, del municipio de Huechuraba, sector poblado durante las llamadas “Operaciones Sitio”, política habitacional implementada por el Estado que regularizó tomas de terreno en periferia de Santiago. A partir de esto los residentes comienzan autoconstrucción de vivienda que con el tiempo determinó la identidad e imagen del casco histórico de la comuna. En los 90 comienza la construcción de vivienda social económica en altura en la comuna y el primero en construirse es el CVS El Bosque I, con departamentos de escasos 37m<sup>2</sup>. El CVS posee 466 habitantes en 144 viviendas, con una densidad de 3,2 habitantes/vivienda. Se distribuyen en 14 bloques paralelos de 3 pisos, sistema de agrupamiento que se repite en cerca de 1/6 del universo de CVSs en altura del país (Catastro Nacional de Condominios Sociales, MINVU 2014). Hoy sus áreas de comunes tiene deterioro avanzado, con sitios eriazos (áreas café), problemas ambientales y de seguridad como muestra la Figura 3.





Figura 3. Imágenes del CVS el Bosque I previo obras d mejoramiento PPPF

### **Descripción de la comunidad (Perfil demográfico, económico y educativo)**

De los 466 habitantes del CVS El Bosque I, 224 son mujeres (48%) y 242 son hombre (52%). Posee 13% de hogares unipersonales (mayoritariamente adultos mayores), 72% de hogares de 2- 3-4 personas y 15% de hogares de 5-6-7-8 personas. Su índice de vulnerabilidad, según Registro social de Hogares – MIDESO, indica que el 72% de su habitantes se encuentra en rango de población de menor ingreso. Sus habitantes en su mayoría tiene al menos 10 años de escolaridad, alcanzando niveles de educación media el 75% (censo 2017). En cuanto a ocupación laboral se registra nivel de ocupación del 61%, mayoritariamente en trabajos informales y esporádicos, obteniendo ingresos bajo el sueldo mínimo de \$ US 437/ mes. En cuanto a la capacidades de la comunidad, ésta poses junta de vecinos con facultades para organización a sus residentes.

### **Participación de la comunidad en la propuesta**

El proceso de participación de la comunidad en el proyecto involucró cuatro instancias descritas a continuación y retratadas en Figura 4:



Figura 4. Imágenes instancias de participación de la comunidad

1. Habilitación social de constitución de copropiedad por parte del equipo municipal Dpto. Vivienda (asistentes sociales y abogado): Mediante asambleas para presentación de idea mejoramiento integral sustentable, visitas a departamentos, conformación de líderes por bloque.
2. Diagnóstico departamentos: Evaluación de condiciones de habitabilidad (redes sanitarias, luminosidad, confort climático, riesgo asbesto cemento y estructural) y encuesta de consumo aguas (selección de departamentos representativos según tipologías de familias, con visita y capacitación a pobladores sobre levantamiento de información).
3. Jornadas de trabajo técnico: Liderado por el equipo técnico, Dpto. Vivienda Huechuraba, equipo Condominios Sociales Seremi MINVU RMS y DITEC MINVU.
4. Jornada de validación con comunidad de diseño participativo: Presentación solución técnica y ajuste en diseño previo a ingreso a SERVIU RMS

### 3. PROPUESTA

El proyecto tiene el objeto de lograr un mejoramiento integral para el entorno TI, la vivienda TII y ampliaciones TII, abordando las patologías descritas en el contenido Contexto del presente artículo, mediante la incorporación de un sistema de reúso de agua gris tratada en jardín depurador, techos colectores de energía solar y logias balcón para ubicación de red de instalaciones sanitarias y el calentador de agua junto a sus C.G.L.s, como se muestra en la figura 5 La inversión total para las 144 asciende a UF 56.160 (US \$ 2.242.239) o a UF 390 (US \$ 11.000) por vivienda, donde UF 322 (US \$ 12.855) corresponde a asignación ordinaria PPPF y UF 68 (US \$ 2.714) se refieren al aporte adicional pro concepto de los tres pilotos sostenibles.

Las obras de construcción referidas al Título II mejoramiento vivienda y Título III ampliación han sido ejecutadas durante el año 2018. Las referidas al Título I mejoramiento de entorno y el sistema de reúso de aguas grises se ejecutarán durante el 2do semestre del año 2019.





Figura 5. Imágenes generales de la propuesta

### Componente físico Título I: reúso de las aguas grises para riego de áreas verdes

En febrero 2017 se promulgó el Proyecto de ley para recolección y disposición de aguas grises (aguas servidas no cloacales), con el objeto de regular el servicio de recolección de aguas grises (MINSAL 2018, Boletín N° 9452-09) define como “fuentes de agua grises reutilizables” aquellas provenientes de lavamanos y duchas o tinajas, dejando afuera el agua gris de lavaplatos y lavadora de ropa. En el lado opuesto, establece como “usos” la disposición de estas aguas grises tratadas en inodoro / urinarios y para regadío superficial de áreas verdes.

El proyecto identificó las siguientes oportunidades para incorporar un sistema de reutilización de aguas grises en condominios sociales en altura, en sus etapas de implementación (ejecución de obras de mejora) y operación:

#### ***Oportunidades en la Implementación (diseño y ejecución obras)***

1. Alta densidad de habitantes y unidades de vivienda en un área acotada, activando la generación y demanda de reutilización de aguas grises.
2. Concentración vertical de instalaciones sanitarias (red de agua potable y alcantarillado) genera menores costos por obras al ubicarse en un área acotada de la edificación (shaft).

### Oportunidades en la operación:

1. Aprovechamiento de gravedad para la disposición de aguas grises tratada, optimizando requerimientos de bombas de agua (eficiencia energética).
2. Comunidad de co-propietarios organizados y apoyados por equipos Municipales y Seremi Minvu: Redistribución de costos y apropiación comunitaria de beneficios.
3. Valorización del patrimonio edificado, inversiones concentradas en bienes comunes del sistema de recuperación, tratamiento y reutilización de aguas grises, habilitación de agua para riego de áreas verdes comunes.
4. El sistema de reusó de aguas grises propuesto captura cerca de 4000 litros de agua de las duchas de 13 departamentos, esta agua se conduce por gravedad a la planta de purificación, con jardín depurador o biofiltro de plantación de juncos, cloración y declaración, para posteriormente disponerse al riego de jardines mediante tendido de riego por



Figura 6. Sistema de reúso de agua gris tratada en jardín depurador o biofiltro

### Componente físico Título II: Techos captadores de energía solar

El proyecto propone recambio de techumbre para las naves de los edificios incorporando cubierta con ángulo de 35 grados que permitan el mejor rendimiento de colectores solares en la región metropolitana. Los colectores asistirán de agua caliente los nuevos calefones propuestos en la nueva logia balcón como muestra la Figura 7. De esta forma la incorporación de colectores solares en el condominio El Bosque I tiene el objeto de aportar con el 81% de la demanda calórica total requerida en agua caliente sanitaria por las viviendas según *Algoritmo de verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima (CSM)*, reduciendo consumo de combustible de gas licuado ([www.solepanel.cl/fichas/algoritmo.xls](http://www.solepanel.cl/fichas/algoritmo.xls))

Adicional al aporte en eficiencia energética los nuevos techos solares pretenden dotar al condominio con nueva imagen. El conjunto se conforma por naves de departamentos



representativos del tradicional block de vivienda social colectiva, imagen hoy muchas veces estigmatizada con una connotación de marginalidad y pobreza. La decisión de invertir las aguas de la techumbre rompe el carácter de block o nave colectiva generando con los techos nuevos un ritmo de fachada que otorga un sello más individual a las viviendas.

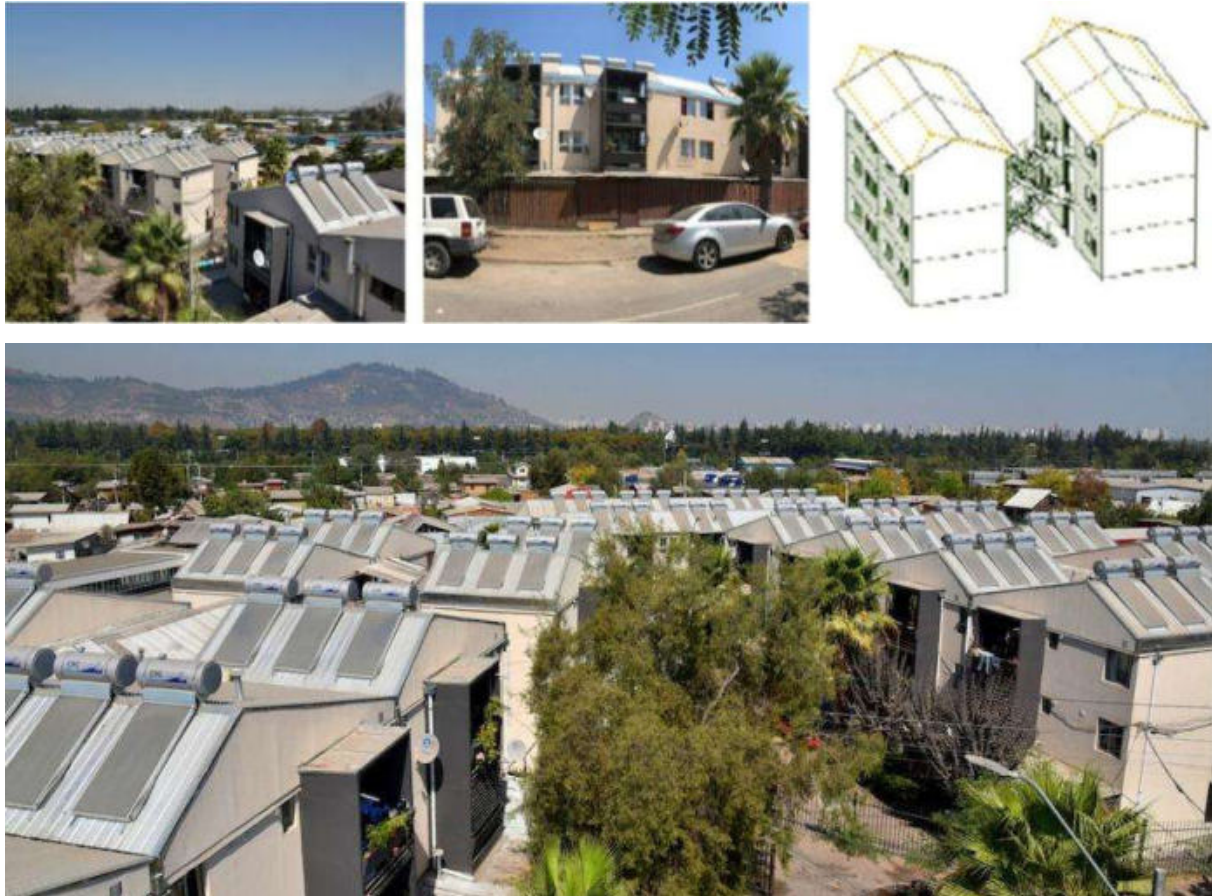


Figura 7. Sistema de techos solares propuestos

### Componente físico Título III Logias balcón de servicio

La propuesta incorpora por vivienda departamento una superficie exterior cubierta para albergar la nueva red vertical de instalaciones sanitarias, calefones y sus C.G.Ls, como también la instalaciones del lavado y secado de ropa como muestra en la Figura 8. Corresponde a un superficie adicional de tres m<sup>2</sup> estructurada reticulada en perfilaría de acero y adosada al muro exterior de la cocina del edificio primitivo, como un volumen exógeno colgado a los pilares del edificio, con pisos y techo de parrilla metálica (grating).

La transparencia propuesta en este recinto semi exterior hace que en términos legales este nuevo recinto no constituya superficie y por lo tanto no requiera de permiso de ampliación y los residentes no paguen los derechos correspondientes a tributación por esos metros adicionales, considerando su bajo poder adquisitivo. Lateralmente la logia se cierra y queda abierta en su frente, limitada sólo por un antepecho jardinera. Esta jardinera asociada a tensores verticales para ubicar vegetación trepadora de hoja caduca que permita control solar hacia el interior de la logia y cocina.



Figura 8. logias balcones propuestos

### Componente social

El proyecto en su componente social busca que los propietarios sean los protagonistas del cambio de calidad de vida y regeneración de sentido de pertenencia con sus viviendas y bienes comunes (erradicar el estigma de CVS). Es decir los residentes del CVS se constituyen como Capital social del proyecto, considerando que su empatía con la propuesta de mejoramiento es necesaria para el grado de involucramiento y posterior cuidado de sus bienes. Para esto el proyecto entrega a los residentes competencias para mantener endógenamente cuidado de su entorno y área verde asociada al riego con agua gris purificada en humedal, uso de colectores en techos solares con su calefón inteligente asociado y para uso adecuado del balcón logia (servicios de apoyo). Todas estas competencias se traspasan a los residentes utilizando la metodología de trabajo participativo en 3 fases: 1) diagnóstico participativo), 2) Validación de necesidades y diseño de alternativas, y

3) Prototipado y transferencia de capacidades.

### Modelo económico y sostenibilidad operativa.

Las 3 partidas piloto descritas en los componentes TI, TII y TIII, aportan a consolidar un hábitat sostenibles (sentido de apropiación) donde el capital (bien o patrimonio material) de los habitantes de CVS El Bosque I aumentará con el tiempo. Se estima que el riego de jardines con aguas grises purificada en humedal mediante el sistema de reúso de aguas grises de la ducha asegura a costo cero disponer de agua para riego de áreas verdes (hoy cafés) y valorizará la copropiedad en su integridad (El bien departamento asociado a su bien común). También el techo solar permitirá generar el 81% de la demanda de agua caliente domiciliaria, lo que se traduce en ahorro de consumo de gas para calentamiento del agua en calefón de US \$287/ año por vivienda (Fuente: Algoritmo Ministerio de Energía). Por último, la logia balcón con la ubicación exterior del calefón e instalaciones de lavado y secado de ropa reducirá riesgo de intoxicación por monóxido de carbono debido a combustión interior de gas y problemas respiratorios asociados a condensación interior de humedad.

#### 4. CONCLUSIONES

El Proyecto construye soluciones sostenibles costo eficientes a las tres dimensiones de habitabilidad de los condominios sociales en Chile (etapa uno de obras terminadas referida a T2 vivienda y T3 ampliaciones terminadas y etapa T1 entorno), aprovechando el actual programa de mejoramiento PPPF, las características propias de esta tipología de viviendas (altura, densidad y área comunes), el capital social y la ley de reúso de aguas grises con norma en desarrollo.

Aborda soluciones adicionales a las cubiertas por el estándar PPPF, relacionadas con: manejo recursos hídricos mediante sistema de recolección agua gris de duchas de 2do y 3er piso, mediante el tratamiento con planta pasiva de biodepuración (lecho de juncos o flores) y disposición de aguas grises tratada para riego de área verde. También propone mecanismo de generación e energía a través de sistema de techos solares con colectores aportando el 81% de demanda de agua caliente del departamento y reduciendo US \$287/año de consume de gas para calentador de agua o calefón. Pro ultimo apuesta a mejorar la calidad del aire intradomiciliario y reducir riesgos de enfermedades respiratorias incorporando superficie semi exterior logia balcón donde se ubican calefón y sus cilindros de gas, lavado y secado de ropa, y shaft de instalaciones de agua.

El desarrollo del piloto Mejoramiento Integral Condominio “El Bosque I propone estrategias de implementación que incorpore entre la etapa de diseño técnico y operación de los nuevos dispositivos etapas de Co-Diseño con los residentes, haciéndolos parte de sus transformación de calidad de vida. También identifica oportunidades replicables y escalables, de valorización del patrimonio material o bien raíz, de impacto tanto en los residentes de los condominios como en las políticas públicas que buscan mejorar el estándar de vida en los condominios sociales en altura de nuestro país.

#### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- *Ministerio de vivienda y Urbanismo MINVU (2014). Catastro Nacional de Condominios Sociales, ISBN: 978-956-9432-07-1. Disponible en: <https://catalogo.minvu.cl/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=24411>*
- *Ministerio del Medio Ambiente MMA (2016). Informe del Estado del Medioambiente <http://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/08/IEMA2016.pdf>*
- *Servitox Chile (2003) <https://www.emol.com/noticias/nacional/2003/11/28/130587/90-de-intoxicaciones-con-monoxido-de-carbono-son-por-calefon-en-mal-estado.html>*
- *Instituto Nacional de Normalización (2005). Evaluación de la humedad por condensación dentro de viviendas sociales. Revista invi N° 55*
- *Registro social de Hogares – MIDESO <https://rsh.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/portada>*
- *Censo 2017. Estimaciones y proyecciones de la población de Chile 1992-2050 total país. Disponible en: <https://www.censo2017.cl/>*
- *Ministerio de Salud (2018) Boletín N° 9452-09: Proyecto de ley para recolección y disposición de aguas grises (aguas servidas no cloacales). Disponible en : <https://www.camara.cl/pdf.aspx?prmID=113021&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>*
- *Ministerio de Energía. Algoritmo de verificación del cumplimiento de la contribución solar mínima (CSM). Disponible en: [www.solepanel.cl/fichas/algoritmo.xls](http://www.solepanel.cl/fichas/algoritmo.xls)*



# 6

## **Políticas públicas.**

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT CONSTRUIDO CON TIERRA EN LOS VALLES CALCHAQUÍES, TUCUMÁN. ESTUDIO DE CASO DE PROMEVI POR COOPERATIVAS.

*Pablo Dorado (pablodoradoctca@gmail.com); Rodolfo Rotondaro  
(rodolforotondaro@gmail.com)*

Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT-FAU) - Arg.  
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET) -  
Arg.

**Palabras clave:** construcción con tierra, Noroeste argentino, políticas públicas de vivienda rural

*El área tucumana de los Valles Calchaquíes (Argentina) se extiende en el sector occidental de Tafi del Valle. Este territorio presenta un carácter eminentemente rural, con una fuerte tradición vinculada a la construcción con tierra. La arquitectura desarrollada en la zona con esta tecnología, es la expresión resultante de la experiencia y conocimientos del poblador local y la disponibilidad de recursos naturales. Está basada en la habilidad para ejecutar una tecnología ancestral heredada, que además responde apropiadamente a las necesidades de habitabilidad. La construcción con tierra cumple un rol fundamental en la producción del hábitat de la zona. Es por ello que los objetivos de este trabajo consisten en (1) conceptualizar los distintos modelos de gestión vigentes para la producción del hábitat, haciendo hincapié en los aquellos de gestión estatal. (2) Comparar obras particulares y las realizadas en el marco de la aplicación de programas de gestión pública, teniendo en cuenta sus particularidades y la naturaleza de las innovaciones tecnológicas aplicadas en los procesos de producción. Para alcanzar estos objetivos se realiza el análisis de las mejoras habitacionales ejecutadas en el marco del Programa de Mejora de Vivienda por cooperativas (2003-2014). Se analiza los actores intervinientes y se realizan entrevistas, para determinar las etapas del proceso productivo y los modos de gestión que dieron marco a estas acciones. Los principales resultados consisten en la identificación de tres tipos de modelos de producción del hábitat (social, de producción privada y mixta). En lo que respecta a la aplicación de programas de gestión estatal y considerando el análisis de la experiencia de la Cooperativa Los Zazos, se observa una serie de ventajas productivas e innovaciones tecnológicas introducidas a nivel de las organizaciones.*

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Noroeste Argentino y el área tucumana de los Valles Calchaquíes.

El Noroeste Argentino (NOA) es una de las regiones histórico-geográficas de la República Argentina. Este sector del país se encuentra conformado por las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, Tucumán y Santiago del Estero (Figura 1). El NOA se caracteriza por una fuerte tradición arraigada a su cultura. Históricamente estos territorios se encontraban habitados por culturas agro-ceramistas que se ubicaban en la zona de Valles y Quebradas. Posteriormente estos pueblos fueron conquistados por el imperio incaico y a partir de la segunda mitad del Siglo XVI, durante el proceso de colonización española, se inicia un periodo de transculturación y de fuerte poblamiento a través de la fundación de ciudades. Estos orígenes marcaron una fuerte impronta y mixtura en la región. La presencia de la cultura andina y occidental perdura hasta la actualidad e influye en la forma de apropiación de los territorios, la organización social, las actividades productivas y los usos y costumbres. Esta situación, genera una fusión de resoluciones constructivas y modelos arquitectónicos vernáculos y

aquellos basados en la estética europea que, en ciertos casos, se resuelven con materiales tradicionales locales (piedra, madera y tierra) (Sosa et al 2011).



Figura 1. Mapa de la República Argentina. Ubicación del Noroeste argentino y sector tucumano de Los Valles Calchaquíes. Fuente: Instituto Geográfico militar y Catastro de Tucumán.

La región cuenta con una gran diversidad de eco-regiones. La variación de altitud que se produce desde el sur-este hacia el nor-oeste, da como resultado la presencia de extensos llanos, ubicados en la provincia de Santiago del Estero, valles intermedios y finalmente la puna, donde se alcanzan alturas entre 4000 y 6000 msnm en Catamarca y Jujuy (Rocatagliata, 1992). Gran parte de este territorio es de carácter rural y se encuentran estrechamente relacionados con tierras que pertenecen a las comunidades originarias. Las áreas rurales no se encuentran habitadas únicamente por estas comunidades, además cuentan con población local, que no se reconoce como indígena, pero sí como habitante histórico de estas tierras. A este grupo se suma un gran número de población migrante, que por cuestiones laborales, turismo o vacaciones habita la zona en determinadas épocas del año.

## 1.2. Valles Calchaquíes.

Se encuentran conformados por un sistemas de valles y montañas, con una extensión aproximada de 500 km. Se desarrollan desde el centro de la provincia de Salta, atraviesan el oeste tucumano y culminan al norte de la provincia de Catamarca en el departamento Santa María. En este sector el Valle del Yokavil constituye la porción tucumana de los Valles Calchaquíes; limitado por las Sierras del Aconquija, hacia el oeste y las Cumbres Calchaquíes al este. Allí se localiza la comunidad originaria de Quilmes y Amaicha, entre otras que en conjunto forman parte de la unión de los Pueblos de la Nación Diaguita (Arenas y Ataliva, 2017). Estos pueblos habitan los valles y quebradas andinas del NOA desde la época precolombina y tras siglos de cambios socioculturales y ambientales, continúan conformando una unidad social con características, saberes y prácticas que les son propias (Collado 2013). Gran parte de los poblados que integran este sector, se encuentran ubicados en el recorrido Norte-sur de la Ruta Provincial (RP) N° 307 que los vincula con la capital de Tucumán a través de la Ruta Nacional (RN) N°38; y con la provincia de Salta y Catamarca, por RN N° 40. En este recorrido se destacan poblaciones como El Infiernillo, Ampimpa, Amaicha del Valle, Los Zazos, Quilmes, El Bañado y Colalao del Valle.

En los últimos 50 años en los Valles Calchaquíes, se produjo una serie de cambios producto de la instalación de nuevas formas de producción, del auge de la actividad turística, de la llegada de emprendimientos comerciales, los procesos de urbanización y crecimiento edilicio, la incorporación de patrones culturales foráneos y nuevos lenguajes arquitectónicos. Estas cuestiones modificaron ciertos procesos de los cuales la producción arquitectónica no fue ajena. Principalmente se incorporaron en la producción del hábitat, materiales y sistemas constructivos industrializados. Estos materiales incluso se articulan con la construcción con

tierra, dando como resultado un uso mixto de las técnicas de construcción en la zona (Rolón y Rotondaro, 2010).

En los Valles Calchaquíes, la arquitectura de tierra es la expresión resultante de la convivencia entre la disponibilidad de recursos naturales y el saber hacer del poblador; está basada en la habilidad para ejecutar una tecnología ancestral heredada, que además responde apropiadamente frente a una variedad de necesidades del poblador local, incluso considerando aspectos identitarios y relacionados con el vínculo entre el hombre y la tecnología que desarrolla. Así mismo, se trata de un componente que ayuda a dar identidad al territorio, los edificios construidos con tierra y las prácticas asociadas a esta tecnología, forman parte de la identidad cultural del sector y se los reconoce como elementos característico del paisaje.

### **1.3. La tecnología de construcción con tierra en el NOA.**

La tierra es un material de construcción empleado para la resolución de muros y techos en diversos contextos culturales, urbanos y rurales. La arquitectura de tierra es el conjunto de manifestaciones arquitectónicas y urbanísticas que han sido proyectadas y construidas con tierra como material predominante (Neves, 2004). Esta tecnología constructiva, desde el punto de vista de los patrones arquitectónicos y culturales, marca el carácter de la arquitectura rural de toda la extensión del NOA. Fue utilizada como componente principal o complementario en la resolución de construcciones modestas (Chiozza y Aparicio, 1961; Tomasi y Rivet, 2011), y de edificaciones de gran envergadura y trascendencia que en la actualidad forman parte del patrimonio cultural de la región (Nicolini et al. 1987; Sosa, 2004; Rotondaro et al, 2016).

Winner (1979) define tres niveles de análisis de la tecnología, como artefacto, proceso y forma de organización. En la tecnología de construcción con tierra se identifican estos niveles, considerando como una tecnología de organización a la conformación de grupos de trabajo, asociaciones y cooperativas como espacio de búsqueda de soluciones adaptadas. Como tecnología de proceso, al trabajo realizado en obra, el modelo de gestión aplicado, los roles asumidos por los distintos actores; y finalmente como tecnología de artefacto, a las unidades habitacionales construidas. Esta tecnología es ejecutada en un determinado entorno físico y social, el cual cuenta con una fuerte idiosincrasia particular que define y sitúa la tecnología particular de estas comunidades.

El aprovechamiento de los materiales y conocimientos locales de los constructores de la zona, permitió el desarrollo y la transmisión de distintas técnicas constructivas que utilizan tierra como material principal. Una variedad de ellas continúan vigentes, las denominadas tradicionales (mampostería de adobe, quincha o tapia); son aquellas que se relacionan con la arquitectura vernácula y cuyas prácticas fueron heredadas del pasado y transmitidas por la comunidad de diversas maneras (Viñuales, 2007). También, se destacan técnicas que surgieron como parte del proceso de innovación tecnológica en una búsqueda de mejorar la calidad y durabilidad de los edificios de tierra, a través de la incorporación de materiales industrializados, modificaciones de los procesos constructivos y mixtura de las técnicas como: la tierra estabilizada con cemento o cal, los procesos de compactación mecánica y producción industrializada de BTC, la quincha modulada, la tierra embolsada o ecocimbra (Bestraten et al., 2011; Rotondaro, 2014).

La introducción progresiva de materiales industrializados, otras tecnologías y sistemas constructivos, se articularon con la construcción con tierra dándole un uso diverso a este material. Esta superposición de tecnologías, ha generado un uso mixto de las técnicas de construcción en la zona. Se puede observar mamposterías de adobes que incorporan encadenados de hormigón, donde se utiliza morteros de cal y cemento como mezcla de asiento y revoque. En el caso de los techos, se resuelven con losas de hormigón o chapa

metálica. Estas resoluciones, prácticamente han remplazado a los techos de torta de barro tradicional.

## 2. PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT CONSTRUIDO CON TIERRA

El hábitat es la conjunción de aspectos espacio-materiales y socio-culturales de una comunidad, donde se resuelven sus necesidades en la búsqueda de una mejor calidad de vida, constituyéndose en parte fundamental de la identidad individual y colectiva del grupo que habita ese espacio (Hernández García, 2005). En las áreas rurales, las particularidades del entorno y la relación que vincula a las personas con su medio natural, lleva a que el hábitat, no solo esté referido al medio en el que se desarrolla la vida cotidiana, sino que está inexorablemente vinculado a la construcción de identidad. En las comunidades rurales del sector de Los Valles Calchaquíes, la identidad es un factor constituyente de sus territorios y es muy valorada, aunque se encuentra amenazada por influencias externas a lo local, de diverso origen y características. La conformación actual del hábitat rural en el área de estudio, es producto de la unidad de lo diverso, con una fuerte historia que sostiene y da pertenencia a la relación dialéctica entre lo local y lo foráneo (Quiroga, 2003).

En el área rural en estudio se observan una serie de procesos productivos destinados a la producción del hábitat construido. Estos procesos se desarrollan a través de una secuencia de etapas en la que se realizan distintas tareas. En el caso de la actividad de la construcción con tierra, las etapas que se desarrollan en el proceso productivo, van desde la extracción de materias primas (tierra, madera, paja, etc), la elaboración de elementos constructivos (adobes por ejemplo) y la gestión de materiales de construcción (transporte y puesta en obra); hasta la construcción del edificio y posterior mantenimiento. Las relaciones que se producen entre los distintos actores que intervienen, el rol que cumple cada uno de ellos y la manera en la que se administran los bienes de consumo o recursos financieros, se pueden resumir como distintos modelos de gestión de la producción del hábitat construido con tierra.

Estos procesos se encuentran vinculados al desarrollo de una cierta tecnología, la cual es ejecutada en un determinado entorno físico. En ello influyen aspectos geográficos, culturales, sociales, económicos, productivos, identitarias, patrimoniales y tradicionales. A partir de ello, se pudieron identificar en el área de estudio, varios modelos de gestión vigentes de la producción del hábitat construido con tierra, que pueden agruparse de la siguiente manera:

(A) autoconstrucción, servicios locales de albañilería y procesos comunitarios, (B) gestión privada, (C) proyectos multisectoriales y (D) programas de gestión pública. Sus principales características se describen a continuación.

### **A - Autoconstrucción, intervención de constructores locales y procesos comunitarios.**

La forma más común de producción del hábitat es por **autoconstrucción** o a través de procesos de producción comunitaria. En estos, los futuros destinatarios de la obra son quienes encaran la construcción, asumiendo un papel protagónico durante todo su desarrollo. El rol asumido por la familia o comunidad destinataria de la obra, se relaciona con la gestión de recursos, la elaboración de elementos constructivos, la construcción del edificio, etc. En estos casos los miembros de la familia, son quienes aportan la mano de obra y acompañan durante todo el proceso. Incluso en este grupo menor, es donde se encuentran quienes conocen las particularidades de las prácticas constructivas asociadas a la construcción con tierra. En ciertos casos de autoconstrucción suelen intervenir otros grupos o personas externas que aportan conocimiento o experiencias para resolver cuestiones específicas, incluso colaboran con mano de obra en ciertas etapas laboriosas (colocación del techo, elaboración de adobes para la obra, etc.) (Figura 2).

Los **procesos de producción comunitaria** están asociados a una construcción colectiva



asumida por lo miembros de una comunidad, ya sea un grupo de familias o colectivo social que a través de la práctica de la “minga” o producción comunitaria de reciprocidad, desarrollan tareas de participación con una finalidad productiva. Estas prácticas son comunes en áreas rurales, donde la comunidad se caracteriza por el desarrollo de relaciones basadas en la solidaridad de grupo, orientadas a acciones sociales para el desarrollo de actividades cotidianas o de subsistencia. Por lo general estos procesos se aplican en la elaboración de equipamiento comunitario (salón de usos múltiples, biblioteca, parada de colectivo, iglesia, etc.). No puede dejarse de lado la colaboración que existe, por parte de la comunidad, al momento de producir una vivienda en casos individuales, especialmente aquellas destinadas a familias o particulares en situación de vulnerabilidad.

En estos procesos es muy importante el rol que asume cada uno de los integrantes que se incorpora a la obra. Al tratarse de un grupo, se potencian las habilidades de cada uno de ellos, asumiendo algunos un rol técnico o de guía en el proceso constructivo. Este rol por lo general, es asumido por las personas mayores que conocen y tienen la experiencia en el desarrollo de las buenas prácticas. Otros participantes asumirán la gestión de recursos u organización de la obra y otros simplemente, aportan mano de obra o trabajo físico.



Figura 2. Esquema de modelo de gestión de procesos de producción de arquitectura por autoconstrucción o construcción comunitaria.

## B - Procesos de gestión privada

En menor escala se presentan obras realizadas a través de gestión privada; es decir con la intervención de arquitectos, estudios o profesionales afines. En estos casos, el destinatario de la obra o cliente, realiza una contratación de servicios de arquitectura destinados a la elaboración del proyecto, para su posterior construcción, seguimiento y gestión de la obra. Por lo general, para la construcción del edificio se realiza una subcontratación de un grupo o cuadrilla de constructores locales. El profesional asume la tarea de vinculación entre cliente-comerciante y cliente-constructores, de modo que su rol se relaciona con la gestión de los recursos materiales, humanos y financieros, asociados a todo el proceso constructivo. Además, tiene la responsabilidad de resolver ciertos criterios técnicos fundamentales, los cuales suelen definirse con el aporte de los constructores, ya que son éstos quienes tienen experiencia suficiente en el uso del material y en la resolución de ciertos aspectos técnicos y procedimentales (Figura 3).

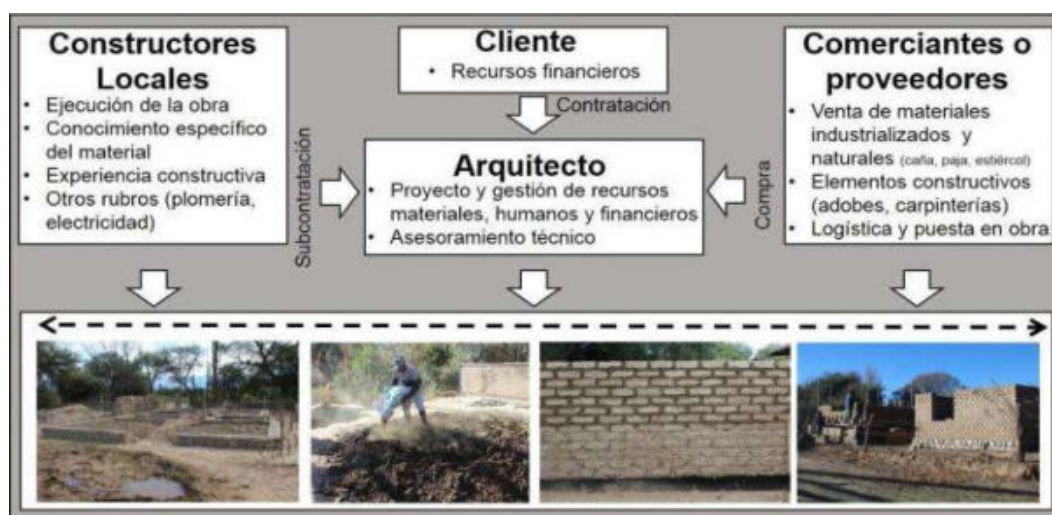


Figura 3. Esquema de modelo de gestión de procesos de producción privada

### C- Proyectos multisectoriales

En estos casos se produce una vinculación formal entre una serie de grupos, individuos, organismos públicos y privados y los miembros de la comunidad, con el objeto de llevar adelante un objetivo común y uno particular de cada uno de los actores (responsabilidad social, políticas públicas, prácticas profesionales, cuestiones académicas o de extensión universitaria, etc). En este caso se relacionan a programas de producción del hábitat, destinados al equipamiento comunitario o vivienda de interés social. Estos procesos son guiados por una cogestión realizada por los distintos grupos integrantes del acuerdo, en los que cada uno asume un rol diferenciado. Por lo general, el estado, agencias de financiamiento o empresas privadas, aportan los recursos financieros y la comunidad asume una responsabilidad o compromiso de contraprestación, aportando recursos locales (mano de obra, materiales, tierras disponibles, etc).

### D- Procesos de gestión estatal

En estos procesos, a través de la articulación entre gobierno y particulares se identifican una serie de problemáticas relacionadas con el hábitat popular, en las cuales el Estado puede intervenir para intentar resolverlas (Velásquez Gavilanes, 2010). La relación que existe entre el régimen estatal y las demandas sociales entorno a la vivienda, incide directamente en la caracterización de la calidad de vida de la población. La problemática identificada en relación al déficit habitacional de la vivienda rural, es asumida por el Estado como una obligación a la que debe dar respuesta garantizando el derecho a la vivienda. Para ello lleva adelante una serie de políticas habitacionales que guían el desarrollo de estos procesos.

En relación a los procesos de producción mencionados anteriormente, el origen de los recursos financieros destinados a la construcción, es la principal diferencia que presentan estos procesos. En este caso, los fondos de financiamiento pertenecen al Estado y a través de una serie de proyectos, programas y otras estrategias, se destinan a familias en situación de vulnerabilidad. A este modelo de gestión se incorporan una serie de recursos humanos o grupos que no están directamente relacionados con la obra, pero que cumplen un rol importante durante el proceso: secretarías de Estado, gobiernos locales, técnicos contratados, bancos u organismos financieros, etc. Estos grupos cumplen tareas administrativas, de control de gastos, determinación de los casos de intervención y vinculación entre distintos actores, entre otros roles que son fundamentales para llevar adelante el proceso.

Considerando las cuestiones anteriormente mencionadas, a continuación se hace referencia a la aplicación del Programa Federal de Mejora de Vivienda por Cooperativas “Mejor Vivir”

(PROMEVI), aplicado en la Provincia de Tucumán, específicamente en el área de los Valles Calchaquíes (Los Zazos, Amaicha del Valle, Colalao del Valle y Quilmes) entre los años 2006 a 2014.

### **3. ESTUDIO DE CASO: PROMEVI POR COOPERATIVAS.**

La Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda de la Nación desde el año 2003, implementó el Programa de Emergencia Habitacional para intentar resolver problemáticas habitacionales, productivas y laborales de poblaciones vulnerables, a través del desarrollo y la conformación de cooperativas de trabajo integradas por miembros del programa jefas y jefes de hogar<sup>90</sup> y personas desocupadas. Estos programas se enmarca dentro de una serie de políticas públicas del gobierno nacional de Argentina desarrolladas desde el año 2003, destinadas a realizar grandes inversiones en obra pública, basándose fundamentalmente en una estrategia de reactivación de la economía y generación de empleo, a través de la construcción de mejoras habitacionales con cooperativas de trabajo creadas para la ocasión (Barreto, 2011).

En el desarrollo de PROMEVI se aplicaron estrategias de integración y descentralización con otros organismos estatales y gobiernos locales, quienes quedan a cargo de la resolución de ciertas etapas del proceso. De modo que en la aplicación de este programa intervienen sectores de gobierno nacional, provincial y local. Los Ministerios y Subsecretarías de la Nación (Desarrollo Social, Planificación Federal y Desarrollo Urbano y Vivienda), determinan las estrategias y objetivos de los programas y destinan fondos públicos para su financiamiento. El gobierno provincial de Tucumán (Coordinación de Programas de Infraestructura Social (UCPIS), el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano (IPVyDU) y el Instituto Provincial de Acción Cooperativa y Mutual (IPACyM), se encarga del registro de las cooperativas, el control general y administración de los fondos. Los gobiernos locales, Municipal o Comuna Rural, resuelve el relevamiento socio habitacional para determinar los beneficiarios del mejoramiento habitacional, considerando familias que viven en condiciones habitacionales deficitarias (Cabral Cherniak et al, 2007). También cumplen el rol de organismo local de control de las Cooperativas y de vínculo entre el sector provincial y nacional. Es garante y certifica las obras realizadas por la cooperativa, para iniciar los procesos de pagos o desembolso del dinero del programa (Figura 5).

#### **3.1. – Cooperativa Los Zazos**

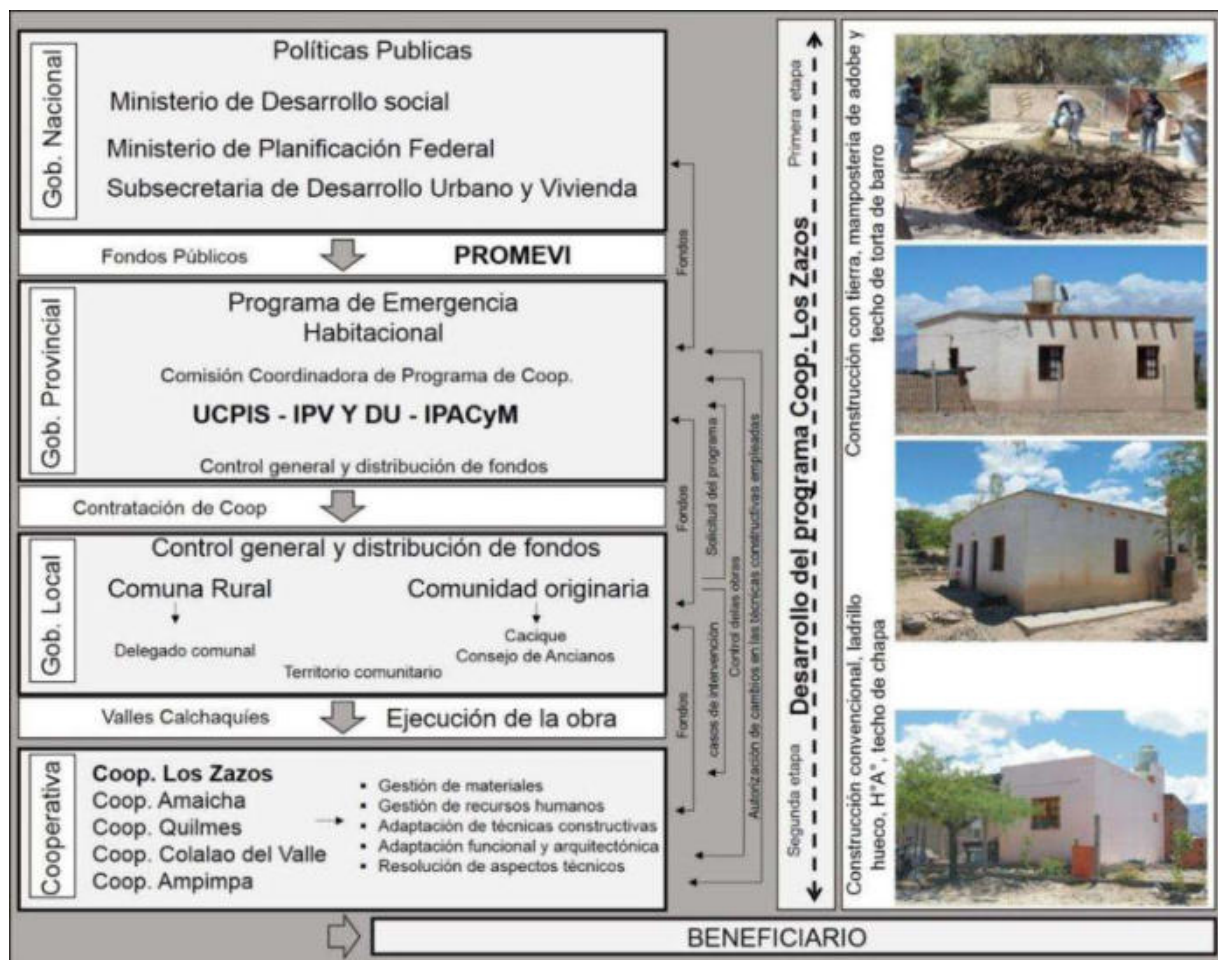
Para el estudio de caso particular de este trabajo, se considera las intervenciones construidas por la Cooperativa “Los Zazos” organizada como tal desde el año 2006 hasta el 2014, con un campo de acción en la localidad de Los Zazos en Amaicha del Valle. Esta cooperativa se encontraba integrada por un técnico (maestro mayor de obra), un presidente, secretario, tesorero y miembros de la cooperativa, en total conformaban un grupo de 16 personas. Actualmente la cooperativa no cuenta con las condiciones para mantener su matrícula (presentación de balance anual y pago de matrícula) de modo que ya no existe como tal.

El proceso de identificación de los casos de aplicación del programa, es una tarea a cargo de la Comuna Rural de Amaicha del Valle, quien además solicita al gobierno provincial la aplicación del programa y encarga a la Cooperativa Los Zazos la ejecución de las obras, por lo tanto es responsable de las mismas ante el organismo provincial de control (IPVyDU).

---

<sup>90</sup> Plan de apoyo financiero implementado por el Estado (2002–2010), destinado a familias con jefas y jefes de hogar desocupados. Consistía en una transferencia mensual de dinero y demandaba una contraprestación laboral de los beneficiarios.

En los que respecta las intervenciones solicitadas, el acuerdo o contrato realizado entre la cooperativa y la Comuna Rural, consistía en la ejecución de 10 mejoras habitacionales. Para el desarrollo de estas obras se destina un monto global de dinero, que debe ser destinado en partes iguales para cada una de ellas. Las obras consistían en la ejecución de “un módulo habitacional” de entre 12 y 15 m<sup>2</sup> e incluía una habitación y baño con las instalaciones complementarias correspondientes. En el trabajo y ejecución de las obras de esta cooperativa, sus miembros identifican básicamente dos etapas, una primera o “primer programa” el que por una inquietud del grupo y de los beneficiarios, se decide adaptar la construcción a las condiciones locales y particulares de cada caso, utilizando para ello mamposterías de adobes y techos de torta de barro en las unidades habitacionales a construir (Figura 5).



**Figura 5** Esquema del modelo de gestión de producción estatal de mejoras habitacionales con la Cooperativa de Construcción Los Zazos.

De acuerdo a lo que comentan los miembros de la cooperativa Los Zazos, en la primera etapa se realizaron una serie de modificaciones al prototipo propuesto por el programa. Éstas fueron motivadas por la variedad de necesidades planteadas por los beneficiarios; por lo general se trataba de grupos heterogéneos y familias numerosas, de modo que una unidad de habitación y baño no era suficiente para cubrir sus necesidades. En otros casos las demandas eran el completamiento de las instalaciones, la construcción del núcleo sanitario o un espacio de cocina y comedor. Considerando sobre todo la necesidad de construir mayor superficie, los miembros de la cooperativa decidieron aplicar una serie de estrategias para disminuir los costos de las obras y de este modo mejorar el rendimiento de los recursos financieros. Para el caso de las mamposterías dispusieron el uso del adobe; en ello consideraban la posibilidad de la ejecución de los adobes con mano de obra de los miembros del grupo, de este modo disminuía el costo del rubro de materiales, ya que solo se consideraba el costo de traslado de la tierra. Incluso se eliminaba el costo del transporte de los adobes, ya que podrían ser



elaborados a pie de obra. En el caso de la cubierta, se aplicaron las mismas estrategias, reemplazando los techos de chapa con estructura metálica, por cubiertas de torta de barro con estructura de madera.

Durante el proceso de aplicación de las modificaciones incorporadas, fue muy importante contar con el apoyo de los miembros de la cooperativa y el asesoramiento técnico de arquitectos de otras cooperativas para la resolución de ciertos detalles estructurales, funcionales, terminaciones, etc. El gobierno local (Comuna Rural de Amaicha del Valle) tuvo una actitud positiva ante los cambios, aunque debía informarlos a IPVYDU, quien certifica definitivamente las obras. Este organismo intentó paralizar las obras hasta que se realice una revisión in situ de los cambios propuestos. En el momento de la inspección técnica, debido a los buenos resultados y calidad del trabajo de la cooperativa, el uso de las mamposterías de adobe con techo de torta de barro, fueron aceptados y certificados. De acuerdo a los registros de la cooperativa llegaron a realizarse 10 unidades habitacionales durante el desarrollo del primer Programa.

En una segunda etapa o segundo programa la cooperativa, impulsada por órdenes del organismo de control local (Comuna Rural) y debido a las dificultades que presentaba realizar las edificaciones de adobe (tiempo de elaboración de los mampuestos, encarecimiento de la madera, tiempos de ejecución de la obra, etc.), comienza a utilizar para la mampostería, ladrillo hueco y se reemplazan los techos de torta de barro por cubiertas de chapa metálica. En total la cooperativa hasta 2014, llegó a construir 45 unidades habitacionales como resultado del programa (15 con tecnología de tierra).

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

En lo que respecta a los modelos de gestión vigentes de producción del hábitat construido con tierra en el área tucumana de los Valles Calchaquíes, se observa una variedad de modelos aplicados para las distintas formas de producción del hábitat, contando cada uno de ellos con ciertas particularidades. Los modelos de producción identificados pueden clasificarse en tres grupos, de **producción social** (auto construcción, de gestión estatal y procesos comunitarios); de **producción privada** (contratación de profesionales, servicios de arquitectura o servicios de albañilería) y **mixtos** (proyectos multisectoriales y casos particulares). Considerando esta clasificación, dentro de los procesos de producción social, se identifica un modelo de producción tradicional, asociado a la autoconstrucción y producción comunitaria, lo que se sustenta en una serie de relaciones comunales propias de las comunidades rurales de los Valles Calchaquíes. En estos grupos los procesos de reciprocidad habilitan una metodología de producción del hábitat comunitario, donde intervienen una serie de roles y recursos (financieros, humanos y materiales), que no están directamente relacionados con el intercambio monetario, sino con ciertas lógicas y costumbres en las que prevalece el sentido de reciprocidad de grupo.

Los otros modelos de producción identificados, incorporan una serie de nuevos actores (arquitectos, organismos estatales, gobiernos locales, comerciantes, ONG's, universidades, secretarías de Estado, etc.) Y **nuevas vinculaciones** entre ellos (comerciales, comunitarias, públicas, privadas o mixtas), conformando procesos productivos con características distintas. En estos procesos, la principal diferencia, es el origen y la administración de los recursos financieros destinados a la construcción. En general, los actores que tienen el rol de llevar adelante los procesos de construcción del edificio son los mismos (constructores locales). Estos actores cuentan con el conocimiento y la experiencia en obra para llevar a delante el proceso.

En cuanto al desarrollo de la tecnología de construcción con tierra, se observa una serie de innovaciones. Estos procesos se los identifica fácilmente a través de los resultados de los



productos arquitectónicos (incorporación de materiales industrializados, nuevas técnicas y uso mixto de los materiales de construcción). En este trabajo se hace hincapié en las innovaciones incorporadas en las formas de organización, al nivel de los actores que intervienen, los roles asumidos por cada uno y los vínculos entre quienes conforman el modelo de gestión de producción del hábitat (estado-comunidad, agentes privados-poblador local, unidades académicas-comunidad, etc.). Las nuevas relaciones y la aplicación de programas y proyectos de gestión estatal, introducen en el desarrollo local de la tecnología de construcción con tierra una serie de modificaciones basadas en políticas públicas. El estado juega un papel fundamental en estos procesos mediante el fomento o financiamiento de programas y proyectos. En este caso por ejemplo, con la propuesta de trabajo en cooperativa, la vinculación de la comunidad con otros organismos y el financiamiento de los proyectos.

En lo que respecta a la construcción con tierra y políticas públicas, el análisis de la experiencia de la cooperativa Los Zazos, es un ejemplo de la impronta que tiene esta tecnología en la comunidad y los fuertes lazos comunitarios que caracterizan a la población. En relación a ello, la cooperativa de trabajo asume de manera independiente la resolución de las obras y adapta este proceso al conocimiento, las necesidades y las condiciones locales (productivas, comunitarias, identitarias y tradicionales). En el proceso de adaptación de la aplicación del Programa de Mejoramiento de la Vivienda al uso de la construcción con tierra, fue muy importante la impronta que tiene el uso de la tierra como material de construcción en los Valles Calchaquíes; e incluso es fundamental el hecho de contar, dentro de la cooperativa, con constructores que manejan y tienen experiencia en la construcción con tierra.

Particularmente en el trabajo interno de la cooperativa se evidencia la importancia del rol asumido por alguno de sus integrantes, relacionado a la gestión de los recursos para la obra. En este proceso se utilizan una serie de estrategias (comerciales, productivas y de organización), con el fin de lograr los objetivos planteados por el grupo, (modificación de los prototipos propuestos y la técnica empleada). Así mismo, se observa las dificultades que esto presenta (costos económicos, tiempo de ejecución, disponibilidad de materiales naturales) lo que deviene en el cambio de la tecnología empleada para la construcción de los mejoramientos habitacionales hacia el uso de tecnologías convencionales con materiales industrializados.

En los resultados obtenidos por la Cooperativa, se destacan una serie de ventajas en el uso de la tierra como material de construcción. Las obras no solo evidencian una muy buena calidad de construcción, sino también, la cooperativa y los beneficiarios reconocen las principales ventajas y diferencias entre las obras de la primera y segunda etapa. Lo que se refiere principalmente a la superficie construida, ya que prácticamente podía edificarse el doble con un presupuesto similar. Incluso se advierte de las mejores condiciones ambientales logradas en los espacios de las construcciones de tierra, en relación a las de ladrillo hueco. La cooperativa considera que los buenos resultados se deben al compromiso asumido por todos sus miembros y a la buena gestión de los recursos, ya que se aplicaron todas las estrategias posibles para mejorar el rendimiento del dinero asignado para las obras.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arenas, P., Ataliva, V. (2017). *Las comunidades indígenas: etnoterritorios, prácticas y saberes ancestrales*. 1ª edición Buenos Aires 2017. Cap 1 P 1-47
- Barreto, M., (2011). *Cambios y continuidades en la política de vivienda argentina (2003-2007)*. Cuadernos de Vivienda y Urbanismo. ISSN 2027-2103. Vol. 5, No. 9, enero-junio 2012: 12-30.
- Bestraten S., Hormias E., Altemir A. (2011) "Construcción con tierra en el siglo XXI". *Informes de la Construcción* Vol. 63, Argentina x. 5-20
- Bestraten S., Hormias E., Altemir A. "Construcción con tierra en el siglo XXI". *Informes de la Construcción* Vol. 63, Argentina 2011. 5-20

- Cabral Cherniak, H., Salvatierra, S., Logusso, J., Rapisarda, M., Armani, M. (2007). *La Ejecución del Programa Federal de Mejoramiento de Vivienda “Mejor Vivir” por Cooperativas en la Provincia de Tucumán en una zona rural y en una urbana. Evaluación de resultados e impacto. Ciencia y Tecnología para el Hábitat Popular. Compilación de trabajos presentados en el “II Seminario Iberoamericano de Ciencia y Tecnología Para el Hábitat Popular”*. NOBUKO. Buenos Aires, (2007). 346-364
- Chiozza, E., Aparicio, C. (1961). *Vivienda rural*. En: Aparicio, F. y Difrieri, H. (Ed.): *La Argentina: Suma de Geografía. Tomo VII*. Buenos Aires.
- Hernández García, J. (2005). *Participación y hábitat: ¿Sueño posible o relación no deseada?* *Revista INVI*, 55, 20, 48-81.
- Neves, C. (2004). *Seminario Internacional de Construcción con Tierra. Memorias en CD. 1 El Salvador. Proyecto 6 PROTERRA/CYTED*.
- Nicolini, A. (1987). *Noroeste 2: Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero*. Sociedad Central de Arquitectos Instituto Argentino de Investigaciones en Historia de la Arquitectura y el Urbanismo. Buenos Aires. 1987. pp 117.
- Quiroga, A. (2003). *Identidad y Patrimonio Cultural. Jornadas Patrimonio Cultural, procesos sociales e identidad*.
- Rocatagliata, J. (1992) *La Argentina: geografía general y los marcos regionales*. Planeta, Buenos Aires, Argentina.
- Rolón, G., & Rotondaro, R. (2010). *Empleo del método estratigráfico en el estudio de la vivienda rural vernácula construida con tierra. Un caso de aplicación en La Rioja, Argentina*. *Arqueología de la Arquitectura*, 0(7), 213-222. doi:<http://dx.doi.org/10.3989/arqarqt.2010.10011>
- Rotondaro, R. (2014). *Arquitectura de Tierra en el NOA: Intercambios e influencias entre las tradiciones y la innovación*. *Actas de las 1º Jornadas Regionales de Arquitectura y Construcción con Tierra “Hábitat sostenible y pertenencia cultural”*: 36-45.
- Sosa, M. (2004). *Las construcciones con tierra en el Valle Calchaquí-Tucumán. ¿Una prospectiva constructiva?*. *Memorias 3º Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra: “La Tierra Cruda en la Construcción del Hábitat”*. 185-191.
- Sosa, M. (2011) *“Los pueblos del Tucumán y su cultura constructiva en tierra. Historia, tradición y modernidad”*. *Memorias 3º Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con Tierra Tucumán*. 190-201
- Tomasi, J. y Rivet, C. (coord.) (2011) *Puna y arquitectura: las formas locales de construcción*. 1a ed. Buenos Aires: CEDODAL - Centro de Documentación de Arte y Arquitectura Latinoamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Velásquez Gavilanes, R. (2010). *Hacia una nueva definición del concepto “política pública”*. *Desafíos*, 20, 149-187. Recuperado de
- Viñuales G. (2007) *Tecnología y Construcción con Tierra*. APUNTES vol. 20, núm. 2: 369-383  
Winner, L. (1979), *Tecnología autónoma*, Barcelona, Gustavo Gilli

## 6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los pobladores de Los Zazos y beneficiarios del programa que amablemente nos recibieron en sus casas, a los miembros de la cooperativa, especialmente a “Curichi” por su predisposición para brindarnos información sobre su trabajo y a los arquitectos Susana Salvatierra, Matías Ortega y Juan Logusso por la información y vinculación con los miembros de la cooperativa.

# EL ROL DE LOS GOBIERNOS LOCALES EN LA APLICACIÓN DE ARQUITECTURA SUSTENTABLE CASO: CIUDAD DE CONCEPCIÓN

David Elsinger (arq.delsinger@gmail.com); Beatriz Garzón (bgarzon06@gmail.com)

Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UNT-FAU) - Arg.  
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET) - Arg.

**Palabras clave:** Gobiernos Locales, Normativas, Arquitectura Sustentable

*Transitando el año 2018, el mercado inmobiliario urbano-residencial de la provincia de Tucumán escasamente consume alguna forma de arquitectura sustentable. El valor de las edificaciones continúa signado por la ubicación del inmueble así como por los m<sup>2</sup> construidos. La calidad ambiental, el confort higrotérmico, el consumo energético, entre otros, aún no son parámetros de valor para un inmueble. La falta de conocimiento, la escasa promoción o regulación política para utilizar la construcción sustentable sean, tal vez, algunas de las causas que explican el estado actual de las ciudades de la provincia de Tucumán.*

*El objetivo del presente trabajo es el análisis del rol de los gobiernos locales en la aplicación de arquitectura sustentable. Pretende mostrar la importancia de la regulación de la edificación privada y las potencialidades a lo que esto conduce en materia de arquitectura sustentable y consumo energético. El caso de estudio es la ciudad de "Concepción", que posee 47.963 habitantes (Tucumán-Argentina) Articulando con la Municipalidad de Concepción a través de un acuerdo de trabajo se analiza la visión del gobierno sobre su ciudad como así también sus propios datos estadísticos, en la búsqueda de realizar modificaciones sostenibles y eficientes en sus normativas.*

*La metodología de este estudio combina e integra técnicas cualitativas: una es la entrevista semi-estructurada a los responsables técnicos de la Dirección de Planeamiento Urbano de la Municipalidad y el otro es el análisis documental (informes y materiales normativos existentes y generados por esta dependencia).*

*Las conclusiones del trabajo giran en torno a la complejidad del rol que cumplen los gobiernos locales en relación a la edificación privada y a la situación actual de los documentos normativos. También, en torno a cómo la implementación de una modificación sustancial en el código de edificación puede generar un cambio gradual en la aplicación de disposiciones arquitectónicas sustentables.*

## 1. INTRODUCCIÓN

El contexto energético-ambiental de nuestro mundo presenta severas complicaciones desde hace ya varias décadas. Por un lado, el incremento exponencial del consumo de recursos no renovables fósiles dado por las crecientes demandas de combustibles y energía eléctrica de los centros urbanos y de producción; por otro lado, los cambios climáticos que experimentamos por el "efecto invernadero". Todo esto, combinado con las macro economías capitalistas que rigen en el mercado internacional, presenta un coctel de problemas a ser tratados por esta generación y las futuras. Tanto los problemas ruidosos a los oídos de los ciudadanos comunes (ejemplo, el déficit de pozos petrolíferos), cómo los silenciosos (incrementos de temperaturas medias año a año para una misma área geográfica), son las nuevas variables que debemos interpretar para trazar un horizonte sustentable en el área de la construcción.

En Argentina, el contexto energético-ambiental se alinea con los problemas ya mencionados. La matriz energética de nuestro país para el año 2012 se basaba en un 87% de combustibles fósiles - gas y petróleo- (Energías de mi país, EDUCAR). Aun así, elementos legales como la Ley Nacional 26190/2016: *“Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica”*, denotan las primeras acciones a nivel nacional para hacer frente a una problemática inminente. Sancionada el 6 de diciembre de 2006, la Ley tenía por objetivo lograr una contribución de energías renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional, al 31 de diciembre de 2017.

El producto de la actividad constructiva, **Sector residencial y de servicios**, representa a nivel mundial y en Argentina un grupo de importante consumo energético. Según Becqué, et al (2016), los edificios son los responsables del 32% del consumo de energía global y una cuarta parte de las emisiones globales de CO<sup>2</sup> provocadas por los humanos. A su vez, el Sector mencionado simboliza en Argentina el 30.84% de consumo de energía primaria, 22.26% de energía eléctrica y 8.56% de combustibles fósiles (MINEM, 2018<sup>91</sup>).

Con foco en el sector residencial, el problema del déficit habitacional en Argentina se suma a los ya mencionados y toma un lugar preponderante tanto como determinante desde el punto de vista político. Así lo expresa Gargantini: *“Si consideramos la situación habitacional a nivel nacional, de los 12.171.675 hogares registrados en el último Censo (INDEC, 2010), el 28,4 % de los hogares argentinos padecen situaciones deficitarias”* y agrega *“Esto estaría indicando que la situación habitacional argentina se caracteriza por un abultado déficit que se mantiene porcentualmente a lo largo de las décadas (26,1% para el 2001 y 28,4% para el 2010), el cual se encuentra vinculado al mejoramiento habitacional más que a la necesidad de construcción de viviendas nuevas”*(2013:29).

Las mejoras sistemáticas del parque inmobiliario argentino así como la construcción sustentable de toda nueva edificación puesta en pie en suelo argentino, son acciones necesarias en los ámbitos, político (nacional y local) y privado (en todas sus escalas). Un proceso de cambio de tal magnitud, complejo y de múltiples intereses disputados, es apreciado en Alemania a través del Energiewende. Se trata de una política mediante la cual se ha decidido cubrir el abastecimiento energético del país principalmente con energías renovables. Además establece gestionar la energía de manera cada vez más eficiente, y así genera una contribución importante a la protección del clima. De esta manera, se realiza una transición energética progresiva con meta en el año 2050 y contempla dentro de las múltiples acciones para llegar al objetivo, reglamentos sobre ahorro energético que establecen requisitos de eficiencia energética (EE) tanto para edificios existentes como de nueva construcción. (Ministerio Federal de Relaciones Exteriores – Energiewende)

Entendemos a la Arquitectura Sustentable (AS) como un concepto que surge a partir de la publicación del informe Brundtland, también conocido como *“Nuestro futuro común”*, en el cual se utilizó por primera vez el término *“desarrollo sostenible”*. Se define al mismo como la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. El concepto fue elaborado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (UN, 1987), dirigida en aquel entonces por la Primera Ministra noruega Gro Harlem Brundtland. El informe fue presentado a la Asamblea General de las Naciones Unidas en su cuadragésimo segundo periodo de sesiones.

A partir del *“desarrollo sostenible”* podemos decir que la AS es el modo de concebir el diseño arquitectónico de manera racional, buscando optimizar recursos naturales y sistemas

---

<sup>91</sup> Citado por el Dr. Arq. Ernesto Kuchen en Curso de Posgrado. FAU-UNT 2018

de edificación de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes. También llamada Arquitectura Bioambiental, se la define desde una visión más integral en tanto que...*“incluye no solo las condiciones climáticas y recursos naturales disponibles, sino además los recursos culturales del lugar; buscando minimizar el impacto ambiental de los edificios sobre el ambiente y el hombre, buscando restablecer las interrelaciones entre ambos de forma sostenible...”* (Garzón, 2010)

Posterior a la Asamblea, la incorporación del concepto de AS creció paulatinamente en los países desarrollados con el apoyo de los gobiernos para su difusión e investigación en el ámbito académico, así como para la construcción de normas energéticas obligatorias (Gonzalo, 1998). Datado el 4 de agosto de 1987, podemos considerar que en vísperas del 31° aniversario del informe Brundtland, la práctica arquitectónica proyectiva/constructiva en la provincia de Tucumán – Argentina, no manifestó ninguna alineación con el concepto mencionado. Mucho menos, la práctica arquitectónica parece no haberse enterado de la crucial publicación del '87.

En la actualidad, el mercado inmobiliario local no consume ninguna forma de AS. Tampoco premia el uso de la misma. El valor de las edificaciones continúa signado por la ubicación del inmueble, por los metros cuadrados construidos y disponibles de terreno verde, por la cantidad de ambientes y sus rasgos estéticos que lo ubican en una clasificación social clasista de tipo tradicional. La calidad ambiental, el confort higrotérmico, el consumo energético, la producción de energías limpias, entre otros, aún no son parámetros de valor cuantitativo ni cualitativo para un inmueble. La falta de conocimiento, la escasa promoción o regulación política para utilizar la construcción sustentable sean, tal vez, algunas de las causas que explican el estado actual de las ciudades de la provincia de Tucumán, como así muchas otras del noroeste argentino, como seguramente muchas más de la mismísima República Argentina.

## 2. LA POLÍTICA Y LOS GOBIERNOS LOCALES

Los edificios urbanos fueron y seguirán siendo levantados en parcelas pertenecientes a ciudades que poseen códigos de construcción local. Los marcos normativos propios a las ciudades tienen en la construcción el poder de “dejar hacer”, “de regular” o “de prohibir”. En mayores o menores porcentajes de aplicación y acato de estas normas, se establece una intensa relación entre “norma” y “práctica constructiva”. El gobierno local es el actor que tiene la potestad de sancionar dichos documentos, tanto sea para la creación de nuevas normas, como para sacar de vigencia a las antiguas, o para su modificación. La responsabilidad que recae sobre este actor es de vital importancia para trazar un camino hacia horizontes sustentables. Esto se debe principalmente a que aproximadamente el 70% de la población mundial vivirá en centros urbanos hacia el año 2050. Siendo los edificios los responsables del 32% del consumo de energía global y una cuarta parte de las emisiones globales de CO<sup>2</sup> (Becqué, et al, 2016) es sumamente necesario revisar las estructuras normativas vigentes de nuestros gobiernos locales vinculadas a la construcción, ampliación, refacción y demolición de edificios.

En la publicación **“Cómo acelerar la eficiencia en la edificación”** (Becqué, et al, 2016), se enuncian ocho medidas que pueden tomar los gobiernos locales para mejorar la EE de sus edificios. La primera de ellas pone en el centro de la escena a los códigos y marcos normativos de las ciudades:

*“Medida 1: Los códigos y normas de eficiencia del edificio son herramientas reguladoras que requieren un mínimo nivel de eficiencia energética en el diseño, la construcción u operación de edificios nuevos o existentes o de sus sistemas. Cuando los códigos y normas están bien diseñados e implementados, pueden reducir de manera rentable los gastos de energía durante la vida útil del edificio”.* (Ibidem: p6)



Para el urbanismo los tiempos apremian. Las crecientes tasas de urbanización –en especiales las de economías emergentes– provocarán una continua expansión del entorno construido. Becqué explica que las elecciones que se tomen hoy sobre cómo construir, diseñar y operar los edificios afectará directamente a los servicios urbanos y a la habitabilidad durante décadas. Edificios eficientes energéticamente serán un factor vital para crear ciudades sostenibles, las que a su vez contribuirán con los objetivos de desarrollo a nivel regional y nacional. El autor agrega que, *“En ausencia de códigos y normas mínimos de eficiencia, las economías emergentes de rápida urbanización corren riesgo de “bloquear” un entorno de construcción ineficiente durante muchos años”*. (Ibidem: p6)

Según el autor, podemos entender la relevancia de los gobiernos locales desde tres abordajes:

*“Desarrollo económico: Los edificios son los responsables del 32 por ciento del consumo de energía global y una cuarta parte de las emisiones globales de CO2 provocadas por los humanos. Los costos de energía puede ser una pesada carga en el presupuesto de un hogar o negocio. El incremento de la productividad de la energía mediante medidas como la eficiencia en la construcción tiene el potencial de reducir el crecimiento de la demanda energética en los países en desarrollo en más de la mitad para el año 2020. Cada \$1 adicional gastado en eficiencia energética evita más de \$2, en promedio, gastados en inversiones de suministro de energía.”*

*“Desarrollo social: Las proyecciones actuales indican que el 66% de la población del mundo vivirá en ciudades para el año 2050 (...) En las décadas futuras, a medida que estas ciudades enfrenten la rápida urbanización, los edificios jugarán un papel cada vez más importante. Los edificios eficientes pueden ayudar a mejorar la calidad de vida de millones de personas (...). La eficiencia energética puede extender aún más los recursos eléctricos existentes, ayudando a proporcionar mejor acceso a la energía, confiabilidad y seguridad a los residentes urbanos”.*

*“Sostenibilidad medioambiental: Un estudio de la Agencia de Energía Internacional (International Energy Agency, IEA) muestra que, si se implementan globalmente, las medidas de eficiencia energética en el sector de la construcción podrían dar como resultado ahorros en las emisiones de CO2 de hasta 5800 millones de toneladas (Gt) para el año 2050, reduciendo las emisiones de gas de efecto invernadero en un 83 por ciento por debajo del escenario de desarrollo normal de las actividades. La mayoría de estas tecnologías están disponibles comercialmente en la actualidad y muchas de ellas entregan retornos financieros positivos dentro de periodos relativamente cortos de recuperación.”* (Ibidem: p4)

Si la política logra articular y ordenar a los actores involucrados en la construcción y consigue alinearlos en torno a la búsqueda de un futuro sostenible, el sector de la construcción de edificios presenta alentadoras potencialidades en dicha búsqueda. La Figura 1, extraída de la publicación citada, logra cuantificar las potencialidades mencionadas:

Los conocimientos y procedimientos para materializar una AS existen hace tiempo. La formación profesional incluye estos saberes en los conocimientos de sus profesionales. Los mecanismos para “transformar” construcciones antiguas en edificaciones eficientes están disponibles en el mercado.

Al parecer existen actores importantes y herramientas desperdigadas en el campo de la “práctica constructiva” (PC) sin poder alinearse en la construcción de un futuro sustentable. *“Los objetivos de eficiencia deberían conectarse con prioridades específicas de los gobiernos locales y las comunidades, garantizando que el gobierno y los ciudadanos optimicen, minimice o administren el agua, la energía y los residuos, según corresponda. Las políticas y los programas pueden respaldar el uso eficiente de recursos para*

proporcionar calefacción, refrigeración iluminación y agua domésticas, además de operar electrodomésticos y equipo instalados o usados en un edificio”. (Ibidem: p5) Así también, “Los edificios existentes necesitan periódicamente un acondicionamiento de la eficiencia para actualizar equipo, renovar el diseño y garantizar que los sistemas del edificio se desempeñan bien y son eficientes con respecto al uso de la energía y el agua. Las mejoras de la calefacción, ventilación y aire acondicionado (heating, ventilation and air conditioning, HVAC) del espacio, el calentamiento del agua, el aislamiento, las instalaciones de agua, los sistemas de control de energía y la iluminación son medidas de acondicionamiento comunes”. (Ibidem: p6). La política y las herramientas de articulación y regulación generadas a través de ella, tiene la obligación de participar en la construcción del futuro sustentable mencionado.

Figura 1 | Potencial de mitigación económica por sector, 2030

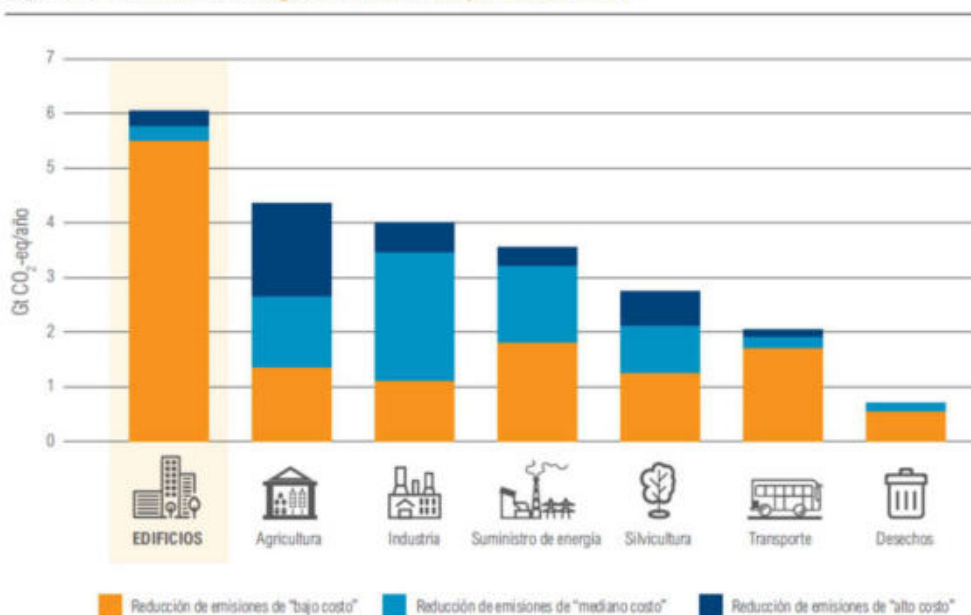


Figura 1: Reducción de emisiones de “bajo costo” = precio del carbón 20 USD/tCO<sub>2</sub>-eq. Reducción de emisiones de “mediano costo” = precio del carbón 50 USD/tCO<sub>2</sub>-eq. Reducciones de emisiones de “alto costo” = precio del carbón 100 USD/tCO<sub>2</sub>-eq.

### 3. METODOLOGIA

La metodología utilizada en el presente estudio combina tres técnicas cualitativas:

La primera es un estudio de caso. Se selecciona a la ciudad de Concepción debido a que es el núcleo urbano con mayor cantidad de habitantes fuera del área metropolitana del Gran San Miguel de Tucumán. Es además un referente entre las ciudades del sur de la provincia por la centralización de variados servicios. Sumado a lo enunciado, se cuenta con acceso a la información del municipio y sus representantes por medio de un Acta Acuerdo de trabajo.

La segunda técnica es el análisis documental y por último, la tercera es una entrevista en profundidad de tipo semi-estructurada, la cual permitió conocer la opinión de un Director Municipal de los temas tratados, entender su visión sobre el sector de la construcción y analizar los significados que este actor le asigna a su dependencia y al tema central del presente estudio.

La elección de las metodologías responde, por un lado a la necesidad de evaluar la documentación producida y facilitada por la Municipalidad de Concepción y que la misma cuenta con datos de sus actividades y de su funcionamiento.

### 4. LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN, INFRAESTRUCTURA RESIDENCIAL Y

## MUNICIPIO

Concepción, ciudad cabecera del departamento de Chicligasta, está ubicada 72km al Sur de la capital de la provincia de Tucumán (Coordenadas 27°20'00"S 65°35'00"O). Según el censo del año 2001 (INDEC) el departamento de Chicligasta contaba con 75.133 habitantes, de los cuales la ciudad sumaba un total de 47.963. En el último censo realizado (INDEC, 2010) el departamento cuenta con un total de 80.735 habitantes, expresando así un incremento poblacional de 7.5% en los nueve años que separan los censos.

Tanto el departamento como la ciudad se encuentra en la Zona Bioambiental II: Cálida, subzona IIa: "...En esta zona, es el verano la estación crítica, con valores de temperatura media mayores que 24 °C y temperatura máxima mayor que 30 °C. Las mayores amplitudes térmicas ocurren en esta época del año, con valores de 16 °C como máximo. [...] El invierno es más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias comprendidas entre 8 °C y 12 °C. Esta zona se subdivide en 2 subzonas a y b, en función de las amplitudes térmicas: Subzona IIa: amplitudes térmicas mayores que 14 °C." (IRAM, 2011: p6)

De esta manera, la zona mencionada queda bajo recomendaciones generales donde se citan:

- a) colores claros en paredes exteriores y techos;
- b) gran aislación térmica en los techos y en las paredes orientadas al este y al oeste;
- c) el eje mayor de la vivienda, preferentemente, orientado al Este-Oeste.
- d) proteger las superficies de la incidencia de la radiación solar. Para las ventanas, si es posible, no orientarlas al Este o al Oeste, y minimizar su superficie.
- e) un diseño que permita la ventilación cruzada de la vivienda, dada la influencia benéfica del movimiento sensible del aire, para disminuir la falta de confort higrotérmico, es por ello que se recomienda contemplar la necesidad de aprovechar los vientos dominantes y la creación de zonas de alta y baja presión que aumenten la circulación de aire.
- f) si bien en esta zona, el invierno reviste limitada importancia, se deja a criterio del proyectista las condiciones de diseño que se deben adoptar. (*Ibidem*: p24)

La caracterización de la zona y las recomendaciones para la misma ilustran un medio de bajo confort higrotérmico. Esto supone un elevado consumo energético de fuentes convencionales en los meses de verano, como así también en los días críticos de invierno, para obtener los niveles óptimos del confort.

### 4.1. La infraestructura residencial de Chicligasta

El presente estudio se focaliza en el sector residencial de la ciudad en análisis. En relación a la infraestructura del sector, la siguiente figura extraída de los resultados del Censo 2011 (INDEC), muestra para el departamento de Chicligasta (el mismo contiene a Concepción como su ciudad capital) la cantidad de hogares clasificados en diferentes tipos de edificaciones (ejemplos: casas, departamentos, ranchos, etc.) y también clasificados según el combustible utilizado principalmente para cocinar (ejemplos: gas en red, electricidad, leña o carbón, etc.).

Cuadro H5-D. Provincia de Tucumán, departamento Chicligasta. Hogares por tipo de vivienda, según combustible utilizado principalmente para cocinar. Año 2010

Combustible utilizado principalmente para cocinar	Total de hogares	Tipo de vivienda							
		Casa	Rancho	Casilla	Departamento	Pieza/s en inquilinato	Pieza/s en hotel o pensión	Local no construido para habitación	Vivienda móvil
<b>Total</b>	<b>19.864</b>	<b>18.172</b>	<b>255</b>	<b>683</b>	<b>657</b>	<b>77</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>1</b>
Gas de red	5.694	5.121	4	10	542	16	-	1	-
Gas a granel (zeppelin)	5	5	-	-	-	-	-	-	-
Gas en tubo	174	168	1	2	3	-	-	-	-
Gas en garrafa	13.214	12.317	166	548	112	54	3	14	-
Electricidad	12	11	-	-	-	1	-	-	-
Leña o carbón	712	515	80	115	-	-	-	1	1
Otro	53	35	4	8	-	6	-	-	-

Fuente: INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

Figura 2: Disponible en [https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/H5-D\\_90\\_21.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/H5-D_90_21.pdf)

El total de hogares para el departamento de Chicligasta suma un total de 39.728. La sumatoria para el departamento arroja un subtotal de 38.174 hogares donde existe el consumo de gas. Representa el 96% sobre el total de hogares. Del total de hogares para el departamento, 13.000 viviendas corresponden a la ciudad capital. (Municipalidad de Concepción, 2018).

#### 4.2. La normativa de construcción vigente en Concepción

Datado el 24 de agosto del año 1981, el “Código de Edificación y Urbanismo” (CEU) del municipio de la ciudad de Concepción, toma forma bajo la “Ordenanza N°25”. Producido en aquel entonces por el Concejal Arq. Carlos Tarulli y en colaboración con el Colegio de Arquitectos de Tucumán (Delegación SUR), el CEU se puso al servicio del municipio y continúa vigente a la fecha con solo dos enmiendas, la “Ordenanza N°1278” y la “Ordenanza N°1271”. Ambas enmiendas fueron realizadas en el año 2002.

La estructura del CEU se divide en dos grandes partes. La primera de ellas presenta las generalidades de la ordenanza, haciendo hincapié en el alcance de la misma. Dispone las obligaciones de propietarios, usuarios, profesionales y empresas (definiendo así los actores involucrados en la misma). Expresa la posibilidad de actualización y publicación del código. Por otro lado eleva las definiciones, condiciones, abreviaturas y por último transcribe un total de 56 artículos del Código Civil en los cuales basa su funcionamiento.

La segunda parte del CEU presenta todo lo referido específicamente a la actividad de la construcción y la edificación. Para la comprensión de la extensa cantidad de enunciados, se los separa en 9 grupos por orden de aparición:

1. **Artículos N°2-1 a 2-14:** Relacionado con la documentación necesaria para presentar un proyecto, las cualidades del habilitante profesional, la emisión de permisos, el rechazo de proyectos, la liquidación y los códigos tributarios municipales. También, plazos para abonar y plazos de validez de la documentación aprobada.
2. **Artículos N°2-15 a 2-22:** Consideraciones sobre pequeñas construcciones y sobre viviendas con cerramientos de chapa o madera. Así también, sobre ajustes de la documentación con obra en curso y sobre penalidades.
3. **Artículos N°2-23 a 2-29:** Todo lo relacionado a la inspección de la obra, el acceso de los inspectores, suspensiones y certificaciones.
4. **Artículos N°2-30 a 2-37:** Referente a la relación de la propiedad privada con la ciudad. Líneas de edificación y medianería. Consideraciones sobre las verjas y los terrenos baldíos.

5. **Artículos N°2-38 a 2-46:** Temas pertinentes a las veredas, sus dimensiones, materialización, modificación, como así también lo relacionado al arbolado presente en las mismas.
6. **Artículos N°2-47 a 2-56:** Disposiciones sobre las fachadas y las condiciones para efectuarse demoliciones. Desarrolla las especificaciones sobre cuerpos salientes desde la fachada hacia la vereda.
7. **Artículos N°2-57 a 2-73:** El grupo más importante para el presente estudio. Este conjunto de artículos trata sobre los edificios de torre aislados. Se presentan temas sobre la seguridad contra incendios y se desarrolla en mayor profundidad lo relativo a la ventilación e iluminación de los locales interiores. Para esto presenta una clasificación de categorías de locales de 1 a 5 y especifica para cada caso las disposiciones mínimas relativas a la iluminación y ventilación como así también la altura interior. Complementa lo mencionado con las disposiciones sobre los medios de evacuación de un edificio y las cocheras.
8. **Artículos N°2-74 a 2-79:** Enuncia las especificaciones sobre el agua en la edificación. Aguas pluviales, servidas y cloacales. También se presentan generalidades sobre la técnica constructiva a ser utilizada.
9. **Artículos N°2-80 a 2-84:** Finalmente, los últimos artículos hacen referencia a la seguridad de los edificios, la defensa al público, las penalidades y los responsables.

La Ordenanza N°1278 responden a modificaciones sobre el habilitante profesional, los permisos para construir, la documentación requerida, la aprobación de la misma, los plazos, sobre las inspecciones, certificados y responsabilidades. Es decir, todo el abanico de la parte procedimental de la Dirección de Desarrollo Urbano (DDU). Por su parte, la Ordenanza N°1271, detalla lo referente a la obra en espacio público (veredas) para un correcto funcionamiento de la contratación del servicio de contratistas para el mantenimiento o refacción del mismo.

#### **4.3. Informe 2018 de la Dirección de Desarrollo Urbano.**

La Dirección de Desarrollo Urbano (DDU), consta de tres departamentos integrantes: Departamento de Edificaciones Privadas (DEP), Departamento de Planeamiento (DP), y Departamento de Inspecciones (DI).

“**El Departamento de Edificaciones Privadas**, es el que aplica las normativas vigentes, expide los permisos y a la vez, va generando una matriz de información de los que va ocurriendo y registrándose. Así también va marcando líneas y criterios a través de sus resoluciones y comunicados, como es el caso de acuerdos con empresas prestatarias de servicios para respetar convenciones en el espacio público. A su vez este Departamento recibe información de los tres Departamentos respecto a la aplicabilidad de ciertas medidas o soluciones que deben darse a situaciones puntuales.” (Municipalidad de Concepción, 2018, p10).

“**El Departamento de Planeamiento** se constituye como el gran receptor de datos y de información sistematizada, en la idea de generar propuestas para la ciudad. Acá se generan y gestionan proyectos como así también se acuerdan criterios a aplicar en la ciudad por parte de los demás departamentos de la Dirección.” (*Ibidem*, p10).

“**El Departamento de Inspecciones** representa el motor de relevamiento y quien regula el medio urbano a través de su trabajo directo y el contacto con los vecinos a tal punto que en la actualidad, los permisos son entregados en el domicilio de cada vecino. Es esta área la que aplica normativas y criterios que emana de los demás departamentos de la dirección y quienes a la vez generan relevamiento y gestionan un gran volumen de información respecto a la ciudad” (*Ibidem*, p9).



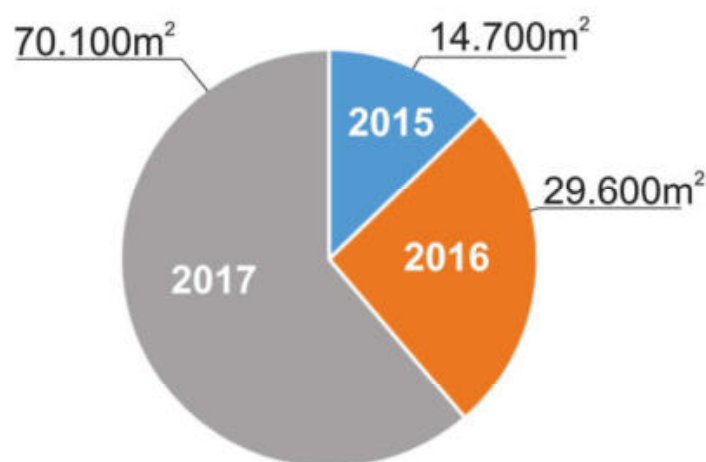


Figura 3: Gráfico comparativo de metros cuadrados autorizados en 2015, 2016 y 2017. (Ibidem, p3)

La DDU elabora anualmente un informe en el que se detallan todas las actividades realizadas desde la Dirección y se publican los datos estadísticos de todas las solicitudes de proyectos. En el último informe, desde el DEP, se comparan la cantidad de metros cuadrados autorizados a construir y se visibiliza que los valores respecto al año 2015, se duplican en el año 2016 y se triplican en el año 2017 (Figura 3). Concluir que en el ejercicio 2017 se construyó el equivalente a 2015 y 2016, no solo habla de una mayor recaudación por parte del municipio, sino de un aumento considerable de metros cuadrados nuevos construidos, que se ajustan al marco normativo vigente. Se tratan de construcciones formales que consolidan el tejido urbano según la óptica actual del municipio y garantiza la intervención de los profesionales en el proceso de construcción.

Concepción, como segundo conglomerado urbano de la provincia, cuenta con 13 mil hogares al fin de año 2017. Posee una media de permisos de obras de 220 viviendas por año. En el caso 2017, los permisos se desglosan de la siguiente manera según la Tabla 1:

Tabla 1: Cantidades de expedientes en documentación aprobada y pendiente.

PROYECTOS APROBADOS		PROYECTOS PENDIENTES	
EXPEDIENTE	CANT.	EXPEDIENTE	CANT.
Ampliación	8	Por abonar	43
Anteproyecto	3	Con forma de pago	9
Conforme a Obra	21	CISI	8
Conforme a Obra y Ampliación	51	Falta línea municipal	1
Conforme a Obra y Remodelación	2	Para visar	4
Demolición	1	Falta estructura	0
Mensura y Div. por Conforme a Obra	0	-	0
Obras Nuevas	35	-	0
Refacciones	4	-	0
Remodelación y Ampliación	5	-	0
Adecuación a destino	0	-	0
<b>TOTAL</b>	<b>130</b>	<b>TOTAL</b>	<b>65</b>

Los resultados de la Tabla 1, muestran la diversidad de proyectos presentados en el DEP. Tanto la construcción de obras nuevas como las constantes refacciones y ampliaciones a las edificaciones existentes, son una oportunidad para construir de manera sustentable. La falta de un elemento legal que oriente a la edificación privada en esta dirección, permite la continuidad de las prácticas tradicionales existentes del medio tucumano.

#### 4.4. Entrevista en profundidad al Director de la DDU

Datada el 10 de octubre de 2018, la entrevista realizada al director de la DDU, presenta el testimonio de variados puntos relacionados con el rol del gobierno local respecto al sector de la construcción, específicamente al urbano residencial. Los resultados de la entrevista se organizan en cuatro partes.

**Parte 1:** El entrevistado respondió a consultas sobre la organización de la Dirección y los alcances de la misma. Antiguamente el área de acción era el departamento de Chichigasta, actualmente sólo la ciudad de Concepción. Es notable resaltar que la DDU posee un cuerpo técnico de arquitectos e ingenieros y un cuerpo de ocho inspectores. La dirección se rige por la Ordenanza N°25 (O25 -Punto 4.2 del presente trabajo-). El director expresa que *“Hay que reconocer que en materia de normativas estamos como muy atrasados”,* y que *“no se trató en general nunca más la normativa, sino que se fueron haciendo enmiendas parciales según iban adaptándose los tiempos”.* Aun así, expresó que dicha O25 y el funcionamiento de la DDU es un referente del interior tucumano. Así también resaltó la importancia para la Dirección de trabajar por una ciudad “ordenada”, siendo lo más importante, la resolución de la envolvente de las edificaciones hacia el espacio público y el estado de la vía pública.

La postura frente a la necesidad de una actualización de la O25 es positiva, así lo comenta el Director: *“Yo soy un convencido de que necesita adecuarse a los tiempos”.* En este marco, expuso un proyecto de enmienda, relacionado con el estacionamiento para emprendimientos (actualmente no regulado). Este proyecto delimita la cantidad de cocheras que debe ofrecer un emprendimiento según su actividad, tamaño, etc.

Se resalta la visión sobre la actualización de la normativa. *“Yo creo que la ordenanza debe adaptarse a los tiempos, me parece que hay que trabajar con el modelo de moda, que es generar un plan estratégico para la ciudad, un plan de desarrollo ambiental en un umbral de 20 años y a partir de ahí, delimitar zonas, planificar la ciudad, y a partir de ahí generar códigos específicos para cada una de las células que van a ir componiendo esa ciudad”.*

El entrevistado resaltó los aspectos positivos de la O25. La claridad en temas relativos a ventilación y asoleamiento de locales y sobre terminaciones (el modo en que se deben definir los límites del espacio público del privado). También subrayó la claridad procedimental, que guarda relación con lo administrativo, pero expresada como un causal de la falta de actualización, ya que la O25... *“es tan clara que nos ha permitido manejarnos, y nos ha mal acostumbrados a que por más de 30 años nos rijamos por ella misma con un par de enmiendas.”*

Consultado sobre las infracciones recurrentes, se diferenciaron dos etapas, la proyectual y la de construcción. En la primera, la resolución de los patios de ventilación, en la segunda los retranqueos de línea municipal y ochavas como también el uso de espacio público en el transcurso de la construcción del proyecto aprobado.

**Parte 2:** Además de las actividades de fiscalización de la DDU, el director postulo las experiencias en materia de transferencia a otros organismos, en un proceso de capacitación a partir de charlas y encuentros que toman lugar en el colegio de arquitectos y el colegio técnico. Se resaltó la frecuencia de dichas actividades y la importancia de no solo tratar temas relacionados a la O25, sino también de proporcionarles datos estadísticos sobre la ciudad. Por esto expresó que *“Los profesionales de la construcción en realidad, son los que hacen la ciudad, son los que interactúan continuamente, y son los que definen un perfil de ciudad, entonces es interesante que conozcan algunas cuestiones”.*

**Parte 3:** El entrevistado fue consultado sobre su conocimiento y opinión acerca de la AS. Declara que *“Sin ser un especialista en el tema, y haberme recibido relativamente hace poco, tengo conocimientos en AS, la verdad que es una tendencia en el mundo. Yo entiendo a la AS como el tipo de arquitectura que intenta disminuir su impacto y hacer un uso óptimo de todo aquello que hace disminuir su impacto, sobre todo en materia energética y de contaminación. Utilización de materiales reciclados, de técnicas constructivas que sean más amenas a la naturaleza, como también, el aprovechamiento del sol, de las energías renovables, de la reutilización del agua y todas estas cuestiones.”*

Además expuso algunas experiencias de AS en barrios. En el “barrio de los municipales” de 156 viviendas, plantearon la utilización de paneles y calefones solares, captación de agua de lluvia y atención especial al asoleamiento de las viviendas y las características térmicas de los muros más expuestos al sol. El proyecto urbanístico de dicho barrio aún se encuentra en la Secretaría de Hábitat de la Nación. Otro caso, denominado por el Honorable Consejo Deliberante, “El primer barrio ecológico de la ciudad” (110 viviendas) trata la experiencia de separación de residuos sólidos urbanos, como un efecto multiplicador para la ciudad. También se plantearon las cantidades de árboles por vivienda. Expresado por el entrevistado, *“gestos débiles, pero me parecen que hablan de una búsqueda de adaptación a estas nuevas corrientes”*.

Consultado sobre la posibilidad de introducir en la O25 puntos a cumplir sobre EE y AS, el entrevistado declara: *“Yo creo que, como te decía, la definición de un plan estratégico, tiene muchas cuestiones que pueden llegar a ser objetivas y técnicas, pero tiene muchas cuestiones que son políticas e ideológicas. Es una oportunidad, generar un plan de desarrollo, un plan estratégico para la ciudad, como el marco de un instrumento de gestión urbana; es una oportunidad que tiene la ciudad de definir un rol, de definir su protagonismo, su carácter. ¿Va a ser una ciudad verde, una ciudad ambiental, una ciudad industrial, recreativa? Concepción evidentemente tiene un rol de servicios, presta muchos servicios, y me parece a mí que concepción podría ser una ciudad, dentro del interior de Tucuman, que incursione en estas cuestiones y regle, algunas cuestiones, como ser la reutilización del agua de lluvia, o algunos factores de ocupación de la energía solar. Me parece que le puede dar una impronta a la ciudad”*.

**Parte 4:** Sobre las potencialidades de Concepción, el entrevistado cita los datos sobre la evolución de la edificación privada en los tres últimos años (Figura 3). Habla sobre un proceso interesante de grandes inversiones, de capitales de empresas regionales que se están instalando en la ciudad y en paralelo del desarrollo en materia habitacional, sobre todo de viviendas tipo departamento y tipo dúplex.

Por último, fue consultado sobre los asentamientos informales y los sectores más vulnerables de la ciudad. El entrevistado expuso que los asentamientos ocupan poco espacio físico, si bien esto no quiere decir que sean pocas personas. Se trabaja con un mapa de necesidades básicas insatisfechas. La O25 no aplica para estos lugares, pero la gestión si está presente en forma de obras de infraestructura vial y de servicios.

Para finalizar, expuso su opinión acerca de la factibilidad de implementar condicionamientos sobre las envolventes de las edificaciones en la O25. Declara que: *“Como arquitecto te diría, más que como Director del DDU, que estaría interesante en la medida que no restrinja las posibilidades de desarrollo de los particulares, y como el grado de complejidad y de variabilidad que tienen cualquier ciudad. La diversidad de emprendimientos que pueda tener. Pero si esto apunta a una imagen, a un cierto desarrollo de la ciudad me parece que puede ser interesante, siempre y cuando no restrinja.”*

## 5. CONCLUSIONES

La ciudad de Concepción, su infraestructura actual y su continuo crecimiento son una clara oportunidad para la aplicación de un código de edificación que contemple a la AS como eje principal. La potencialidad de esta urbe es tangible por las siguientes consideraciones: la carencia de los elementos legales relacionados a la AS y EE, la pre-disposición del DDU a la asimilación de las mismas, y la importante actividad en materia de construcción.

*“Concepción con sus 13 mil hogares, posee una media de permisos de obras de 220 viviendas por año, cuando la mayor franja etaria de los ciudadanos se ubica entre los 20 y 40 años, edades representativas de la necesidad de casa propia”.* (Municipalidad de Concepción, 2018, p7). Siendo esto una prueba del comportamiento de la actividad constructiva, el Municipio de turno tiene bajo su responsabilidad, la gestión del crecimiento de la ciudad. Queda en la elección de las políticas del Gobierno Local, sacar provecho de esta situación, ya que el crecimiento sin orientación, lejos de ser un sinónimo de desarrollo, amenaza con convertirse en una pesada carga en términos urbanos y de consumo energético.

El hecho de que pueda existir un cambio en la manera de “pensar y hacer las edificaciones” es real. Basta con remontarse a la historia para ver cómo fueron sucediéndose los mismos y de qué manera el producto “vivienda” fue cambiando para responder a diferentes necesidades en base a las posibilidades del medio y de los usuarios. Continuando con este pensamiento, no es necesario preguntarse acerca de si puede existir un cambio en el código de edificación de la ciudad. El cambio es posible y nos puede remontar a un futuro sustentable en el área de las edificaciones. Nos deberíamos preguntar entonces de qué manera podemos conformar y hacer real este necesario cambio. ¿Cómo podemos articular las partes intervinientes de este sistema para que exista una evolución rápida que nos saque de la situación actual?

Lamentablemente, las condiciones actuales del mundo en relación con las energías, los combustibles y la contaminación, crean una necesidad imperiosa de dar un paso hacia un mundo sostenible lo más rápido posible. Cómo dar este “paso” a la brevedad es la pregunta a responder.

El Municipio de Concepción tiene en su poder, la decisión de que los próximos metros cuadrados a ser edificados y/o refaccionados en 2019 (70.100m<sup>2</sup> en 2017), tengan un consumo de kWh/m<sup>2</sup>año elevado o bajo. Tiene en su poder la decisión de que las envolventes mejoren la calidad de vida de sus habitantes durante las cuatro temporadas anuales. Tiene en su poder la disminución del impacto ambiental de la región así como el consumo de energías y combustibles para convertirse un ejemplo a seguir por el resto de los municipios tucumanos, y por qué no, de los argentinos también. Construir una idea de un futuro sustentable desde el Sur de Tucumán es posible.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Becqué, R. et al (2016) *Como acelerar la eficiencia en la edificación. Ocho medidas para los líderes urbanos.* World Reseources Institute. ISBN: 978-1-56973-887-0
- CAT Sur; Tarulli, C. (1981) *Ordenanza N°25.* Municipalidad de Concepción.
- EDUCAR. *Energías de mi país.* Disponible en <http://energiasdemipais.educ.ar/la-matriz-energetica-argentina-y-su-evolucion-en-las-ultimas-decadas/>
- Gargantini, D.M; Nievas, C; Gordo, D. (2015) *Sistemas de registro de demanda habitacional y políticas locales de hábitat.* Córdoba. Asociación Vivienda Económica- AVE. ISBN 978-987-27779-4-4
- Garzón, B. (2010) *Arquitectura Bioclimática.* Buenos Aires. Editorial NOBUKO. ISSN: 978-987-584-295-3

- Gonzalo, G.E. (1998) *Manual de Arquitectura Bioclimática*. Tucumán. ISBN 950-43-9028-5
- INDEC. Censo 2010. Disponible en [https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/H5-D\\_90\\_21.pdf](https://www.indec.gov.ar/ftp/censos/2010/CuadrosDefinitivos/H5-D_90_21.pdf)
- IRAM (2011) *Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Documento en estudio. Corresponde a la revisión de la norma IRAM 11603:1996.*
- Morelli, E. et al (2018) *Informe Anual Dirección de Desarrollo Urbano 2018*. Tucumán. Municipalidad de Concepción. Inédito.
- ONU (1987) *Nuestro futuro común. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.*
- República Federal de Alemania, Ministerio Federal de Relaciones Exteriores. *La transición energética en Alemania. Disponible en: <http://www.energiewende-global.com/es/>*
- Sykes A.K. (Org.) (2014) *O campo ampliado da arquitetura: Antologia teórica (1993-2009)*. São Paulo. Editrice Compositori.



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# GESTIÓN ASOCIATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT SUSTENTABLE CICLOS LOCALIZADOS EN LAS PROVINCIAS DE CÓRDOBA Y MENDOZA - ARGENTINA

Alejandro Raúl Dominguez ([adominguez@inti.gov.ar](mailto:adominguez@inti.gov.ar)); Gabriel Vaccaro ([gvaccaro@inti.gov.ar](mailto:gvaccaro@inti.gov.ar)); Mónica Tedesco ([mtedesco@inti.gov.ar](mailto:mtedesco@inti.gov.ar)); Victoria Di Césare ([vdicesare@inti.gov.ar](mailto:vdicesare@inti.gov.ar))

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Tecnologías Sustentables (INTI) - Arg.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, Hábitat, Bioarquitectura, Políticas Públicas, Bioclimática.

*El Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), a través de “Ciclos Participativos para la Producción del Hábitat Sustentable” promueve y articula procesos de desarrollo local endógeno que construyen respuestas socio-técnicas junto a la ciudadanía de un modo sustentable. Este trabajo de construcción colectiva y transversal involucra a un rico entramado de organizaciones en territorio, organismos públicos y del sector privado de las provincias de Córdoba y Mendoza, en Argentina. Se desarrollan políticas públicas a la vez que se fortalecen las capacidades asociativas locales a través de prácticas intersectoriales e interinstitucionales, con el objeto de generar procesos de transformación social y productiva. El hábitat humano es una creación social: tecnologías, viviendas, edificios barrios, ciudades, planificaciones territoriales y productivas pueden estar pensadas, planificadas, construidas y habitadas con patrones de sustentabilidad. Desde este enfoque se plantea la producción del hábitat desde su complejidad sistémica, articulando lenguajes y capacidades de los distintos campos en torno a un objeto de conocimiento, con aplicaciones concretas en territorio nutridas a partir de múltiples miradas científicas y sociales.*

*El Ciclo pionero se desarrolla en Córdoba y uno de sus proyectos es el Salón de Usos Múltiples Experimental (SUME), un espacio pedagógico ideado bajo parámetros de reducción del impacto ambiental, gestión asociativa y fortalecimiento del sector de la bioarquitectura. El SUME permite también investigar métodos y herramientas para la puesta a punto de cambios tecnológicos y productivos en sus múltiples dimensiones. Además de resolver una necesidad puntual del INTI, constituye un modelo de gestión participativa, de trabajo en red, para impulsar la bioconstrucción como alternativa para la producción del hábitat.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción de conocimiento sistémico, a través de la articulación y retroalimentación entre organismos públicos, espacios tecnológicos específicos, centros de investigación, grupos académicos, industrias, organizaciones locales y profesionales independientes, despliega la disponibilidad de tecnologías sustentables en el campo del hábitat dirigidas al desarrollo local<sup>92</sup>.

Según el Foro Latinoamericano de Ciencias Ambientales (FLACAM-UNESCO) la proyectación que aporta a un nuevo paradigma ambiental promueve el holismo, la diversidad de enfoques, la inclusión de autores proyectuales, integra las peculiaridades del saber local, por lo que los proyectos se desarrollan desde la potencia de su territorialidad y

---

<sup>92</sup> Desde el enfoque del “Desarrollo a Escala Humana” propuesto por Manfred Max Neef, Antonio Elizalde y Martín Hopenhayn

se nutren de la sinergia público-privada a través de espacios articuladores en red, propiciando las redes de redes.<sup>93</sup>

Resulta necesario elaborar y sintetizar las metodologías de intervención implementadas tradicionalmente y crear ámbitos que permitan ahondar en conceptos metodológicos de intervención. La metodología de Planificación Participativa y Gestión Asociada (PPGA)<sup>94</sup> desarrollada por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)<sup>95</sup> constituye el insumo técnico metodológico para el desarrollo de las múltiples actividades que se llevan adelante a través de los Ciclos que actualmente se están desarrollando en Córdoba y Mendoza.

Si bien los Estados tienen un papel fundamental, en términos de I+D, en la definición e implementación de las políticas públicas, otros actores también participan de ella aportando recursos, dinámicas y saberes distintos<sup>96</sup>. El desarrollo de Políticas Públicas, a través de una práctica intersectorial asociativa, genera procesos de transformación social y constituye el motor de los Ciclos que toman forma en diferentes proyectos concretos. El Ciclo de Córdoba se da a través de dos grandes procesos proyectuales: el arquitectónico del SUME y el Manual de Bioarquitectura.

El modelo de gestión asociativo posibilita la intervención en programas y políticas públicas, desde distintos campos disciplinarios y entre diversos sectores, para llegar a la planificación y gestión de proyectos socio-gubernamentales a través de escenarios de intercambio y trabajo conjunto. Se aborda en territorio la articulación entre actores para producir intervenciones integrales basadas en el uso crítico de los contenidos teóricos acumulados por un colectivo mixto, de un conocimiento conceptual, de los modos y oportunidades de aplicación y de una práctica del diseño.

El proceso de elaboración de los proyectos permite configurar y orientar prácticas de equipos interdisciplinarios e intersectoriales que facilitan, en espacios institucionales, la implementación de una política pública del Estado para la bioarquitectura, a la vez que le da forma a las transformaciones del vínculo público y privado a partir de las estrategias de innovación tecnológica y productiva que tienen lugar a nivel territorial.<sup>97</sup>

## **2. CICLOS PARTICIPATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DEL HÁBITAT SUSTENTABLE**

Los Ciclos son una propuesta de INTI que surgen con el objetivo de divulgar la bioarquitectura y generar espacios de vinculación donde los actores técnicos, políticos y comunitarios del país puedan aportar conocimiento técnico y conceptual para generar políticas públicas del hábitat que incluyan a la sustentabilidad como eje y al desarrollo de normas y reglamentaciones técnicas para componentes, elementos y sistemas constructivos.

### **Objetivos:**

---

<sup>93</sup> Pesci Rubén et ál "De la prepotencia a la levedad"

<sup>94</sup> Poggiese Héctor "Planificación Participativa y gestión Asociada: metodologías"

<sup>95</sup> La FLACSO fue creada en 1957 por iniciativa de la UNESCO con el estatus de organismo internacional, intergubernamental, regional y autónomo integrado por los países latinoamericanos y del Caribe que adhieren al Acuerdo. El Sistema FLACSO se compone de siete sedes académicas, ocho programas y la Secretaría General. Tiene por objetivo, el establecimiento de programas de posgrado en las distintas disciplinas de las Ciencias Sociales.

<sup>96</sup> Poggiese Héctor "Reinvençao da democracia na America Latina. Redes: ¿Cómo concebirlas y gestionarlas?"

<sup>97</sup> Pesci Rubén et ál "Proyectar la Sustentabilidad: Enfoque y Metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad"

- Aportar a la formalización y promoción de técnicas constructivas del hábitat sustentable.
- Fortalecer la vinculación y el trabajo articulado entre instituciones, universidades, profesionales, industria local y comunidad.
- Potenciar las capacidades existentes locales.

### **Metodología:**

Se trabaja a partir de la familia de metodologías PPGA de la FLACSO

#### **2.1. Ciclo Córdoba**

En 2016 se convocó desde el Programa Tecnologías Sustentables del INTI y el Centro INTI Córdoba a profesionales, instituciones e industria local a participar del primer Ciclo de Producción Participativa del Hábitat Sustentable. Uno de los proyectos principales, en el que se ahondará a lo largo del desarrollo del presente trabajo científico a modo de ejemplo concreto de la implementación de los Ciclos, es la realización de un edificio público, SUME, en el predio del Centro de INTI Córdoba, diseñado con materiales naturales, estrategias bioclimáticas, saneamiento descentralizado y energías renovables.

##### **2.1.1. Autores – Actores del Ciclo Cordobés**

Pertenecen a Colegio de Arquitectos Córdoba, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Católica de Córdoba, Universidad Libre del Ambiente, Escuela Técnica de Río Ceballos, CONICET, Fundación ProEco San Miguel, Cooperativa CEDEHAS, Organización IBIS, FLACSO, INTI Córdoba, INTI Mendoza, INTI Tecnologías Sustentables y distintos Centros INTI de investigación específicos, industrias locales, estudios de arquitectura, profesionales independientes y usuarios.

En este momento están participando más de 80 personas de manera activa. La metodología planteada permite que estos grupos de trabajo estén abiertos a la incorporación de nuevos actores de manera permanente.

##### **2.1.2. Proyectos en curso**

#### **Proyecto SUME:**

El proyecto SUME es una iniciativa del INTI para la generación de un modelo de gestión asociativo de producción del hábitat sustentable que surge para resolver necesidades concretas y objetivos estratégicos en un proyecto de características innovadoras y de alto impacto territorial.

Inicio: Diciembre 2016 - Finalización del proyecto arquitectónico colectivo: Noviembre 2018 - Etapa actual: Definición aspectos jurídicos formales para la implantación del SUME - Fecha de finalización: Sujeta a los procesos de licitación pública y adjudicación de la obra.

#### **Proyecto Manual de Bioarquitectura:**

Se desarrolla a través del Colegio de Arquitectos de Córdoba para contar con una herramienta de difusión, referencial y de fácil lectura, que sienta bases epistemológicas y técnicas en relación a la bioarquitectura.

Inicio: Abril 2018 - Etapa actual: Desarrollo y sistematización de contenidos - Finalización: 2020

#### **Proyecto Normativa:**

Aún en proceso de conformación. Responde a la necesidad de desarrollar criterios técnicos específicos comunes que permitan acordar parámetros y procesos en relación a los requerimientos propios de la bioarquitectura.

Inicio: Octubre 2018 - Etapa actual: Desarrollo de estrategias para el desarrollo y fortalecimiento del grupo de trabajo para la planificación participativa del proyecto

## **2.2. Ciclo Mendoza**

En Mendoza este proyecto surge a partir de la demanda local de apoyo institucional y de normalización de los avances en bioarquitectura. En primera instancia el Municipio de Luján de Cuyo convoca al centro INTI Mendoza a colaborar en el Reglamento de Construcción Sismorresistente en Tierra Mejorada. Se atendieron también consultas del ámbito profesional de la arquitectura sobre generar proyectos para formalizar estas tipologías constructivas de bajo impacto ambiental. A partir de esta necesidad se articuló con el Programa INTI Tecnologías sustentables y el Ciclo de Producción Participativa del Hábitat desarrollado en Córdoba para conformar otro Ciclo en Mendoza. En este momento el Ciclo se está replicando con el mismo formato de abordaje a la problemática, pero teniendo en cuenta las necesidades locales.

### **2.2.1. Autores – Actores del Ciclo Mendocino**

Pertenecen a Colegio de Arquitectos Mendoza, Municipio de Las Heras, Municipio de Lavalle, Municipio de Capital, Universidad de Congreso, Universidad de Cuyo, Universidad de Mendoza, UTN, Maestría en Desarrollo Sustentable UTN, UCA Diplomatura de ER, Ministerio de Infraestructura Mendoza, Ministerio de Salud Mendoza, Fundación Invesciencias, FLACSO, INTI Mendoza, INTI Tecnologías Sustentables, profesionales independientes de la arquitectura y construcción, usuarios.

Actualmente participan unas 30 personas de manera activa. La metodología planteada permite que estos grupos de trabajo estén abiertos a la incorporación de nuevos actores de manera permanente.

### **2.2.2. Proyectos en curso**

#### **Proyecto Modelo:**

Consiste en el desarrollo de un módulo demostrativo de arquitectura sustentable, definido en el anteproyecto del SUM para el Centro INTI Mendoza. Los objetivos específicos de este proyecto son visibilizar posibilidades de bioconstrucción a través de un edificio público, como se está realizando en el SUME de Córdoba, sumando nuevas propuestas asociadas a las necesidades locales y el contexto. Utilizarlo como modelo de prueba y ensayos de estas técnicas, una vez materializado.

Inicio: junio 2018 - Etapa actual: Generación de ideas partido del SUME Mendoza - Finalización Anteproyecto septiembre de 2019

#### **Proyecto Saberes:**

Lo conforman participantes relacionados con ámbitos académicos y tiene como objetivo generar un espacio de intercambio integral de conocimientos sobre las premisas que abarca la bioconstrucción. Se dividió en comisiones según las distintas temáticas:

- Materiales, técnicas y sistemas constructivos.
- Estrategias de diseño bioclimático.
- Energías y sistemas complementarios.

Inicio: junio 2018 - Etapa actual: finalizado - Finalización: diciembre 2018. Informe diagnóstico y de contexto de Hábitat Sustentable en Mendoza.

#### **Proyecto Normativa:**

Lo constituyen en su mayoría profesionales con experiencia en la normativa de bioconstrucción y vinculados a municipios o áreas relacionadas a la reglamentación, tiene

como objetivo trabajar y colaborar sobre propuestas de normativa existentes y en desarrollo a nivel local, fortalecer procedimientos para lograr la vinculación de equipos municipales, académicos y profesionales. Realizar un diagnóstico de la situación normativa en Mendoza, recopilar y compartir información, desarrollar una estrategia de invitación a otros municipios y difundir los modelos de reglamentación en desarrollo.

Los ejes de trabajo son: la reglamentación aprobada (Ordenanza municipal n° 889/2014) de construcción con tierra de Lavalle y la propuesta de Reglamento de construcción sismo resistente en tierra cruda de Luján de Cuyo.

Inicio: junio 2018 - Etapa actual: finalizado – Finalización: diciembre 2018

### **3. CICLO CÓRDOBA: PROYECTO SUME - BIOARQUITECTURA APLICADA EN UN EDIFICIO PÚBLICO**

A través del SUME se puso en juego la capacidad colectiva, se planteó un espacio de diseño participativo, multidisciplinario e interinstitucional que logró asumir los desafíos del trabajo en red para abordar la complejidad integralmente.

#### **3.1. Objetivos**

Generación de un modelo de gestión asociativo de producción del hábitat sustentable que surge para resolver necesidades concretas y objetivos estratégicos:

- Salón de capacitaciones y exposiciones
- Salón comedor para el personal
- Ensayos e información técnica sobre materiales naturales
- Difusión de información técnica de referencia
- Promoción de energías renovables y eficiencia energética
- Impulso de la cadena foresto-industrial

Se busca impulsar la cadena foresto-industrial y formalizar la bioconstrucción en la zona centro del país a partir de: proyectar y construir un edificio público, difundir la oferta tecnológica INTI, generar una publicación técnica y fortalecer una red asociativa

#### **3.2. Gestión del proyecto**

Planificación participativa y gestión asociada para la generación de políticas públicas. A lo largo del proceso proyectual se construyó un actor técnico-político-comunitario conformado por representantes de:

- centros sectoriales de investigación y desarrollo del INTI, 3 Universidades, el Colegio de Arquitectos de la Provincia de Córdoba, 4 grandes industrias, una cooperativa de trabajo, estudios de arquitectura, emprendedores y profesionales locales
- Se generaron asociaciones complejas y participativas para la toma de decisiones colectivas entre 60 profesionales trabajando en equipos específicos articulados entre sí:
- Gestión en red, proyecto ejecutivo, cubiertas verdes, estructuras, saneamiento descentralizado alternativo, bioclimática, análisis de Ciclo de Vida, Energía





Figura 1. Registro del relato colectivo – acuerdos y disensos

Figura 2. Grupos de trabajo específicos

Figura 3. Plenarios ampliados

### 3.3. Parámetros acordados

#### Conceptuales:

- Mínimo impacto ambiental, gestión asociativa, proceso educativo, proceso científico y tecnológico, caracterización de la bioconstrucción.

#### Técnicos:

- Estructura sujeta a normativas, materiales naturales, sistemas de saneamiento descentralizado, energías renovables, diseño bioclimático, eficiencia energética, tratamiento de RSU.

### 3.4. Diseño arquitectónico

El conjunto se desarrolla en el predio del INTI Córdoba y requiere de un espacio multiuso que tenga capacidad de albergar funciones de aulas para talleres, eventos, exposición y comedor para el personal.

La propuesta contempla además un espacio de expansión semi-cubierto.

En su concepción se consideran dos volúmenes bien diferenciados divididos por un eje central.

Aulas-Salón comedor cubierto y semi-cubierto. Volumetría principal.

Área de servicios que alberga las funciones de baños, depósitos y cocina. Volumetría secundaria.

El eje Oeste-Este de recorrido central-central relaciona y vincula estas dos áreas rematando en un anfiteatro descubierto de expansión, donde se prevé la direccionalidad de crecimiento del edificio.

El salón se pensó con la posibilidad de funcionar como aula-taller y/o como comedor.



Figura 4. Planta funcional SUME Córdoba

### 3.5. Bioclimática

La propuesta de Recursos Bioclimáticos está basada en el concepto de arquitectura Bioclimática diseñada teniendo en cuenta el entorno. Toma del ambiente los recursos disponibles (radiación, temperatura, vientos, orientación, vegetación, etc) para ser empleados en la arquitectura buscando conseguir el confort térmico para reducir el consumo de energía.

#### 3.5.1. *Implantación y orientación del edificio*

Las orientaciones y los vientos: Norte-Sur, Este-Oeste, determinó la forma, ubicación y disposición de los espacios del edificio, (en dos bloques unidos por una circulación) Comedor-Aula, circulación, zona de servicio y apertura de visuales.

En este caso la orientación es un indicador de la disposición de los ambientes, el Aula-Comedor están dispuestos según orientación Este-Norte-Oeste para mayor ganancia solar y aperturas de visuales al Norte.

El ingreso principal es al Oeste con conexión al edificio principal del INTI, aparte es la circulación longitudinal Este-Oeste y conecta el comedor con el área de servicios de baños-cocina que se encuentra al Sur.

La conexión entre el SUME y el edificio existente es a través de rampas que siguen la forma ondulante de la topografía y producen un recorrido con el entorno.

#### 3.5.2. *Esquema de la idea bioclimática*

- Visuales

Apertura del comedor para tener las visuales hacia entorno inmediato Este-Norte-Oeste (Ciudad Universitaria - barrio Nueva Córdoba).

- Vientos

Aprovechamiento de vientos en diferentes estaciones para refrigeración y calefacción a través de diferentes recursos.

Los vientos preponderantes en primavera son de Este a Oeste y en invierno de Sur a Oeste.

#### 3.5.3. *Estrategias según los recursos naturales*

Refrigeración:

- Ventilación cruzada.
- Ingreso-circulación, puerta de ingreso como boca colectora que permite circular una gran cantidad de aire hacia el interior, el pasillo o circulación con ventanas altas hacia el sur es un volumen captador de aire de los vientos fríos pampeanos.
- Lagunilla, que cumple doble función de recolección de aguas de lluvias y de humidificación para refrigeración de la galería Oeste, además de contribuir en las visuales, forma parte del entorno.
- Cortina verde, de hojas caducas para protección solar en verano dispuestas en orientación Oeste, una de las más castigadas en el verano.
- Techo vivo: devuelve al sitio el sustrato y vegetación removido para la construcción, contribuye a la aislación térmica, genera hábitat para diferentes especies de la flora y fauna local. Absorbe contaminantes de la polución urbana, consume dióxido carbono, absorbe agua de lluvia, produce oxígeno, mejora la acústica, absorbe ruidos ambientales, reduce la isla de calor, regula la humedad ambiente, protege contra incendios e integra con el paisaje.

Calefacción:

- Muro Tapial de espesor 0.50 cm (aprox.) para acumular calor en las caras más necesarias del comedor (Este-Norte-Oeste).
- Anfiteatro ubicado en orientación Este, hace de piso acumulador de piedra por masa térmica, en horas de sombra transmite aire caliente por conductos al interior del comedor.

### 3.6. Propuesta Estructural

En el desarrollo de la estructura, se decidió utilizar estructura portante de madera, y para la tipología adoptada se trabajó en base a los siguientes criterios:

- La estructura representa una variable de diseño preponderante, teniendo en cuenta la tipología de los cerramientos y la necesidad de generar espacios sin apoyos intermedios, lo cual obligaba al uso de elementos estructurales de dimensiones significativas.
- El uso eficiente de los materiales se tuvo en cuenta en la elección de las secciones más adecuadas, tanto en el funcionamiento estructural como la necesidad de preparación previa y desperdicio generado por determinadas formas seccionales. La madera seleccionada fue así Eucaliptus Grandis por ser de muy fácil de conseguir en dimensiones longitudinales del orden de los 10 o 12 metros, y en forma de rollizo para evitar el descarte de material y el costo del corte para obtener secciones rectangulares.
- Percepción sensorial del material natural dentro de una propuesta de este tipo en la cual la estructura principal se dejaría a la vista como síntesis de conexión con la naturaleza.
- El desarrollo estructural del SUME, se definió para que cumpliera con las reglamentaciones vigentes:
  - CIRSOC 101 Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras
  - CIRSOC 102 Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones
  - CIRSOC 103 Reglamento Argentino para Construcciones Sismorresistentes
  - CIRSOC 201 Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón
  - CIRSOC 301 Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios
  - CIRSOC 601 Reglamento Argentino de Estructuras de Madera

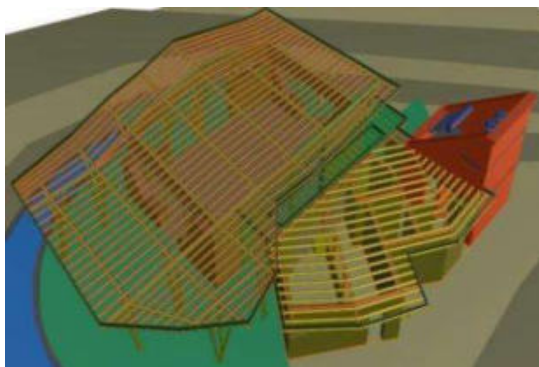


Figura 5. Tipologías estructurales por sector



Figura 6. Modelado de quinchá cruzada y resolución de nudos para planteo como plano resistente a fuerzas laterales

### 3.7. Materialidad

Se logra a través de un conjunto de elementos que son comunes en la provincia de Córdoba; por propia producción o porque ya está establecida la línea comercial para ellos. Palos de eucalipto, placas de multilaminado, tierra gredosa, arena, cubiertas invertidas de áridos y techo vivo, aberturas de madera y materiales convencionales como cemento, ladrillo cocido y hierro.

Las técnicas desarrolladas van de la mano con este concepto, pero a la vez implican y promueven la utilización de materiales con cierto grado de industrialización, que abren la posibilidad a la hora de expandir el uso de esas técnicas al resto de la arquitectura profesional. Quinchas de fardos de cortaderas, placas de fardos de trigo modulares, revoques finos deshidratados, arcilla molida tamizada, adobes, bloques de tierra comprimida, entre otros.

Bajo la consigna de utilización de materiales naturales con baja huella ecológica se analizaron diferentes técnicas:

- Quincha húmeda, adobes y tapial para muros acumuladores en la fachada de orientación Norte.
- Muro de doble fardo de cortadera en orientación Sur.
- Sistema “plataforma y entramado” en muros divisorios.
- Muros de fardo simple en divisorios de baños.
- Sistema prefabricado de paja comprimida en muro Oeste.
- Quincha Húmeda- Seca en muro Este.
- Muro de BTC (bloque de tierra comprimida) en área técnica de colectores solares y baños.
- **Revoques:** Las terminaciones propuestas son distintos tipos de revoques de arcilla, gruesos, finos, con agregados hidropelentes en el exterior, en relación a su solicitación y al grado de terminación necesario. El área sanitaria estará también terminada con elementos cerámicos de revestimiento, en los espacios donde sea necesario.



Figura 7. SUME Vista aérea



Figura 8. SUME Fachada exterior NE

## Normas y reglamentos

### *Emplazamiento*

Córdoba Capital- Zona sísmica 1. Se ajusta a Reglamento INPRES-CIRSOC 103.  
<http://contenidos.inpres.gov.ar/acelerografos/inpres-cirsoc>

### *Estructura*

Será la estructura independiente de madera la encargada de absorber las cargas gravitatorias, sísmicas y de vientos para trasladarlas al suelo resistente. Dicha estructura se ajusta a Norma INTI-CIRSOC 601.

<https://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/601/CIRSOC601-completo.pdf>

### **3.8.3. Cerramientos**

Teniendo en cuenta el estado actual de normativa técnica nacional específica, se toma como referencia la normativa internacional (Méjico, Brasil, Perú, Colombia, Alemania,



Francia, España, Nueva Zelanda y Corea, entre otros.) y las normas IRAM aplicadas a otros materiales para tener bases de referencia para los protocolos de ensayos a aplicar en cada sistema constructivo.

#### **3.8.4. Clasificación de suelos**

Normas de ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad.

- IRAM 10500. Mecánica de suelos. Preparación de muestras.
- IRAM 10501. Mecánica de suelos. Métodos de determinación del límite líquido y del índice de fluidez.
- IRAM 10502. Mecánica de suelos. Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad.
- IRAM 10509. Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles.
- IRAM 10512. Mecánica de suelos. Métodos de análisis granulométrico.
- IRAM 10535. Mecánica de suelos. Descripción de suelos mediante análisis tactovisual.

### **RESULTADOS**

Desde el INTI se tenía relación con distintas organizaciones locales cordobesas por proyectos puntuales que se habían desarrollado en conjunto, pero fue en Octubre del 2016 cuando desde la alta conducción, se planteó la intención de fortalecer a los Centros Regionales e iniciar formalmente una línea de trabajo específica sobre bioarquitectura. Fue entonces cuando a sabiendas del potencial local cercano al INTI Córdoba, se reactivó la relación y se convocó a FLACSO para iniciar un proceso de construcción colectiva que nos permitiera promover y fortalecer al sector productivo de la bioarquitectura a través de las políticas públicas adecuadas al contexto y las necesidades reales y propias del sector.

El 6 de Diciembre de 2016, fue el primer taller fundacional del Ciclo, fue ahí donde surgió el proyecto SUME.

En estos casi dos años, los resultados más relevantes han sido:

#### **Bioarquitectura en la agenda pública:**

- En el portal de la Casa Rosada, se publicó la firma del Convenio INTI con el Colegio de Arquitectos de Córdoba para dar impulso a la bioarquitectura
- Interés manifiesto de la Secretaría de Agroindustria de la Nación y de la Secretaría de Vivienda de la Nación.
- Auspicio formal del Ministerio de Ambiente de la Nación a los proyectos que se adelante a través de los Ciclos.
- presencia en 50 medios impresos nacionales y regionales
- presencia en 14 medios televisivos y radiales
- presencia en 19 redes sociales oficiales

#### **Construcción de espacios de intercambio y socialización de los conocimientos desarrollados a través de Foros y Jornadas de bioarquitectura:**

- Foro 2016, más de 300 asistentes
- Foro 2017, más de 400 asistentes y 100 personas a través de la transmisión en vivo
- Jornadas de Bioarquitectura 2018, dirigido a las personas que participan de los Ciclos, más de 150 asistentes para constituir la formación de una red de redes sobre Bioarquitectura.



- Realización de una Publicación sobre Bioarquitectura, junto al Colegio de Arquitectos de Córdoba, que fue difundida a todas las regionales de las todas las provincias del país, a través de la Federación Argentina de Entidades de Arquitectura (FADEA).
- Se concretó un proyecto ejecutivo SUME, de construcción colectiva, desarrollando en el proceso conocimiento e información técnica que está siendo sistematizada para socializarla.
- A raíz del impacto del SUME Córdoba, en Junio de 2018, el INTI Mendoza inició un Ciclo local, articulado con el Ciclo cordobés.
- Las dos últimas Ordenanzas Municipales aprobadas en Córdoba (Villa del Dique y Río Cuarto) que habilitan la construcción con tierra, mencionan al proyecto SUME en sus antecedentes como documentación respaldatoria.
- A través del SUME y el Ciclo, se da forma un modelo de gestión que innova, planteando una constante investigación y acción que se retroalimenta articulando saberes para afrontar la complejidad del contexto y fortalecer la bioarquitectura desde una nueva epistemología construida entre todos.

## CONCLUSIONES

El trabajo realizado a través de los Ciclos y sus proyectos constituyen espacios virtuosos de articulación entre los decisores políticos, los productores, las organizaciones de la sociedad, las universidades y centros académicos y las organizaciones no gubernamentales entre otros.

Se evidencia el planteo de un nuevo sistema de relaciones articulado que sinergiza, a través de los Ciclos, capacidades locales que se encontraban atomizadas y aisladas. La planificación y definición de políticas públicas y, entre ellas el mismo hacer del INTI, a través de la incorporación de actores en la toma de decisiones fortalece a cada una de las partes que al hacer sinapsis conforman un sistema neuronal más flexible, adaptable e inteligente.

Potenciando la diversidad de saberes locales e incorporándolos en un proyecto integral complejo, las decisiones respondieron a un enfoque ecosistémico de las problemáticas y estuvieron alineadas a valores como el cuidado del ambiente y las personas.<sup>98</sup>

Los sistemas naturales reales son complejos y dinámicos e incluso se evoluciona hacia una ciencia cuya base es la impredecibilidad, el control incompleto y una pluralidad de perspectivas legítimas<sup>99</sup>. Los Ciclos no escapan a esta complejidad, pero habiendo iniciado el desarrollo de nuevas conectividades, el actor colectivo logró resolver distintas dificultades que surgieron en el proceso e incluso fortalecerse evidenciando la relación socio-gubernamental como un potencial para desarrollar nuevas formas de “saber-hacer” tal como plantea Poggiese en su desarrollo sobre redes mixtas.

En cuanto al proyecto SUME, que se desarrolló a lo largo del trabajo a modo de ejemplo concreto de este nuevo hacer colectivo, se destacan aspectos positivos e innovadores del modelo de gestión. No se trató de una estructura tradicional de producción de diseño del hábitat sino que se produjeron un conjunto de reglas y procedimientos que facilitaron la articulación de recursos. Una metodología encuentra una evaluación adecuada, más allá de la fortaleza conceptual, en sus efectos. En ese aspecto, se está construyendo un actor colectivo socio-técnico-gubernamental que desafía a la tarea profesional de la solución de prestaciones que solicita un “comitente” y a la responsabilidad institucional del INTI de solucionar una necesidad funcional.

---

<sup>98</sup> Torres Ribeiro Ana Clara compiladora, “Repensando La experiencia urbana de América Latina: cuestiones, conceptos y valores”

<sup>99</sup> Capra Fritjof, “La Trama de la Vida”

La transformación a través de los Ciclos y sus proyectos está ocurriendo, materializando la idea de Esfera Pública, del espacio de lo común al interés colectivo por lo común.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capra, Fritjof (1996). *La Trama de la Vida. Una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona. Editorial Anagrama.
- Max-Neef, Manfred et ál. (2010). *Desarrollo a escala humana, Opciones para el futuro*. Editorial: Biblioteca Ciudades para un Futuro más Sostenible (CF+S). Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/deh/>
- Pesci Rubén, Pérez Jorge, Pesci Lucía (2002). *De La Prepotencia a La Levedad. FLACAM, Paradigma y Pedagogía de la Sustentabilidad*. Buenos Aires: Editorial CEPA.
- Pesci Rubén, Pérez Jorge, Pesci Lucía (2007). *Proyectar la Sustentabilidad: Enfoque y Metodología de FLACAM para proyectos de sustentabilidad*. Buenos Aires: Editorial CEPA. Poggiese Héctor (2011). *Planificación Participativa y Gestión Asociada (PPGA): metodologías*. Buenos Aires. Editorial: Espacio Editorial.
- Poggiese Héctor (2013). *Reinvençao da democracia na America Latina. Redes: ¿cómo concebirlas y gestionarlal*?.Editorial: Letra Capital Editora. P. 213-233.
- Torres Ribeiro Ana Clara compiladora (2010). *Repensando La experiênciã urbana de América Latina: cuestiones, conceptos y valores*. Buenos Aires. Editorial: CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.

# ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS EDIFICAÇÕES EXISTENTES EM ÁREAS DE RISCO COMO SUBSÍDIO À ELABORAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

*Ariel Nunes de Oliveira (ariel.nunes@engenharia.ufjf.br); Igor Costa de Castro Magalhães (igor.costa@engenharia.ufjf.br); Mario Henrique da Silva Cabral (mario.cabral@engenharia.ufjf.br); Maria Teresa Gomes Barbosa (teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br)*

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia (UFJF) - Brazil

Palavras chave: assentamento precário, durabilidade, manifestação patológica, políticas públicas.

*A intervenção humana no município de Juiz de Fora é composta por padrões construtivos diversificados, associados a uma topografia, algumas vezes, peculiar. Neste contexto, a classe social mais carente classificada pelo governo (SAE - Secretaria de Assuntos Estratégicos) como extremamente pobre e pobre, concentra-se nas regiões periféricas do município. O objetivo deste trabalho é efetuar um estudo no Bairro Três Moinhos, localizado em Juiz de Fora - MG (Brasil), concebido na década de 1950 conforme registro na Prefeitura, onde atualmente é possível verificar a presença de três tipos de ocupações precárias, em sua maioria: imóvel irregular, favela e cortiço. Para tanto, serão analisadas as intervenções efetuadas até o momento, bem como avaliadas as manifestações patológicas mais recorrentes nas edificações e no terreno, e que tendem a comprometer a durabilidade e segurança das moradias. Espera-se que este estudo possa auxiliar os órgãos locais, bem como os regionais e nacionais na elaboração de políticas públicas que visem assegurar os requisitos mínimos de saúde e sustentabilidade em prol da qualidade de vida dos usuários (“proprietários”) das edificações existentes nas denominadas “áreas de risco”.*

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Prefeitura de Juiz de Fora, a história do município remete ao início do século XVIII. Com a construção da estrada Caminho Novo, estabeleceu-se uma ligação entre o Rio de Janeiro e as regiões das Minas, a qual passava pela Zona da Mata Mineira. A estrada Caminho Novo trouxe benefícios, favorecendo o transporte do ouro extraído e contribuindo para uma maior circulação de pessoas, o qual fez com que surgissem às suas margens cidades e pequenos povoados. Nesse contexto, com o Império concedendo terras a pessoas de origem nobre, após o desenvolvimento da região, surge a cidade de Juiz de Fora. Segundo Barbosa (2013), a industrialização predominantemente se destacou no período de mudança do século XIX para o século XX, no entanto, outros setores também foram importantes para o desenvolvimento da cidade, como por exemplo, o comércio em geral e a agricultura.

O início do crescimento urbano acelerado da cidade de Juiz de Fora pode ser associado à construção da estrada União e Indústria, em 1861 (GIROLETTI, 1988). Após a inauguração dessa estrada, a segregação espacial característica dos dias de hoje começou a tomar forma (MIRANDA, 1990). Barbosa (2013) acrescenta que, no processo expansivo urbano, existem diversos exemplos de cidades em que ocupações irregulares se desenvolveram devido à escassez de moradias de baixo padrão, cenário ocorrido também no processo de expansão de Juiz de Fora. Assim, residências como cortiços e casebres se multiplicaram, agravando a situação de segregação, advindo daí todas as suas consequências.

De maneira geral, os municípios brasileiros apresentam, de forma peculiar, as desigualdades e as precárias condições de vida da população menos favorecida. Segundo classificação da SAE (Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República), a população em condição de pobreza e pobreza extrema é dada pela renda máxima familiar de até R\$ 648,00 e até R\$ 324,00, respectivamente. A aquisição de terrenos por vias legais é uma forma que não atinge como um todo essas classes. Além disso, a política pública de programas habitacionais é, em sua grande maioria, insuficiente para atender a real demanda da população, sendo esta oferecida com soluções habitacionais de qualidade duvidosa, atreladas à escassez de infraestrutura e inacessibilidade aos equipamentos urbanos. Mediante essa situação, o acesso à moradia é viabilizado através da ocupação de terras ociosas, implementando assentamentos precários e insalubres. Em sua grande maioria, o emprego da autoconstrução e a ocupação de áreas remanescentes em encostas, proporcionam áreas de risco e comprometem a segurança física dos moradores.

É importante ressaltar que a literatura apresenta conceitos variados para o termo assentamento precário. De acordo com o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPARDES/IPEA, 2010), “[...] a ideia de precariedade está associada à insegurança, efemeridade e fragilidade; as ideias de pobreza e vulnerabilidade também” (IPARDES/IPEA, 2010, p.18). Nesse sentido, a Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades (SNH/MCidades, 2010), divide assentamentos precários em 4 grupos, sendo: favelas, cortiços, conjuntos habitacionais degradados e loteamentos irregulares de moradores de baixa renda. Esses assentamentos apresentam algumas características comuns, sendo elas a predominância de residências habitadas por moradores de classe econômica desfavorável e “[...] irregularidade fundiária; ausência de infraestrutura de saneamento ambiental; localização em áreas mal servidas por sistema de transporte e equipamentos sociais; terrenos alagadiços e sujeitos a riscos geotécnicos; adensamento excessivo, insalubridade e deficiências construtivas da unidade habitacional; [...]” (SNH/MCidades, 2010, p.9).

O não emprego de mão de obra especializada que caracteriza o empirismo no processo construtivo e a utilização de materiais de baixa qualidade, ilustra de forma característica a precariedade das moradias dos assentamentos. Nesse contexto, como forma de exemplificação e estudo de caso, este trabalho tem por objetivo efetuar um estudo no Bairro Três Moinhos, localizado em Juiz de Fora – MG, em critérios de processo de formação da região, manifestações patológicas existentes, ocorrências segundo dados da Defesa Civil, índice pluviométrico e intervenções realizadas, de modo a estabelecer uma síntese da atual condição do local, bem como fornecer alternativas de melhoria para promoção de segurança e durabilidade das moradias.

## **2. HISTÓRICO DO BAIRRO TRÊS MOINHOS**

O processo de ocupação da região de Três Moinhos, a partir da década de 1950, ocorreu de forma suburbana, através de planos de loteamentos ou granjeamentos (MARTINS, 2001 apud. DIAS, 2017). Barbosa (2013) indica que a divisão da Fazenda do Yung (região correspondente a maior parcela do Três Moinhos) nesses planos tinha como objetivo constituir um “bairro operário”, reforçando a ideia existente de segregação espacial. De acordo com Martins (2001 apud. DIAS, 2017), apesar das devidas divisões de terreno para venda aos operários, não havia nenhuma obra pública para serviços de saneamento, energia e pavimentação, corroborando para a ocupação desses locais pela classe menos favorecida. Assim, a própria população ocupante realizava os serviços básicos para atender a suas necessidades, naturalmente com mão de obra não especializada.

Além disso, Dias (2017) identificou, em seu estudo, que os terrenos efetivamente delimitados eram diferentes daqueles concebidos no projeto “Granjas Três Moinhos”. O

autor menciona que não foram encontradas referências relevantes e confiáveis para esclarecer a não execução do projeto, no entanto, ele estabelece algumas suposições:

1. Falecimento do proprietário da gleba;
2. Declividade da região;
3. Reprovação do projeto por parte do poder público (devido a conflitos com a legislação vigente).

De qualquer forma, uma vez devido ao contexto e aos fatores mencionados, a região de Três Moinhos se constituiu, desde o início de sua formação, como uma periferia, trazendo consigo as consequências da precária organização espacial (DIAS, 2017). Na figura 1, é possível observar onde situa-se a região de Três Moinhos em parte da região leste da zona urbana de Juiz de Fora.

Dias (2017) ainda acrescenta que, com o desenvolvimento das famílias e o crescimento desordenado da região,

*“[...]tornaram-se muito comuns as extensões ou anexos dos imóveis (popularmente chamados “puxadinhos”), cortando ainda mais a encosta de área suscetível a movimentos de massa. Embora muitos dos residentes tenham ciência do risco eminente (do risco ambiental exógeno), a necessidade pela sobrevivência e permanência no espaço urbano faz com que o local seja a única opção de moradia para essas pessoas.” (DIAS, 2017, p.17)*

Dentro deste cenário, a partir de visita no local, encontramos alguns modelos construtivos no bairro Três Moinhos que estarão presentes no nosso estudo, exemplificados a seguir.



Figura 1. Mapa de Localização do Bairro Três Moinhos – Juiz de Fora – MG/Fonte: Google Maps (2017)

## 2.1. Barracos

Geralmente são construídos com sobras de vários tipos de materiais de construção, como por exemplo madeirite (Figura 2), madeiras de desmanche de móveis, chapas de folhas galvanizadas, telhas de fibrocimento e até mesmo lona. O piso é em terra batida e/ou cimentado, com banheiro em anexo construído em alvenaria e, em sua grande maioria, não tem acesso ao fornecimento de energia elétrica, água potável e rede pública de esgoto sanitário, depositando o esgoto em fossas negras ou até mesmo a céu aberto.





Figura 2. Exemplo de moradia classificada como Barraco/Fonte: os autores (2017)

## 2.2. Baixo padrão

Construídas em sua maioria com regime de mutirão, realizados no final de semana empregando materiais de construção de baixa qualidade que, junto ao processo empírico e a autoconstrução sem acompanhamento nem projeto de profissional habilitado, resultam em moradias de baixa qualidade e baixo padrão construtivo. As edificações apresentam, normalmente, características como: pouca ou nenhuma infraestrutura, erguidas em alvenaria (lajotas cerâmicas, blocos de cimento, entre outros), sem revestimento interno nem externo, com o pé direito indefinido e fora das normativas vigentes, cobertura em laje (pré-moldada ou maciça), sem impermeabilização, com instalações elétricas e hidráulicas aparentes de um ou mais cômodos, com piso cimentado e ou de restos de revestimento cerâmico, podendo ter lançamento de esgoto sanitário na rede pública ou uso de fossa negra (vide Figura 3).



Figura 3. Exemplo de moradia classificada como Baixo Padrão/Fonte: os autores (2017)

## 2.3. Padrão normal

Construídas através de contratação de mão de obra (Pedreiros), com emprego de materiais de construção de baixa a média qualidade, com fundações rasas ou sapata corrida sem dimensionamento, executado em alvenaria (lajotas cerâmicas, blocos de cimento, entre outros), com revestimento interno e externo, com cobertura de laje impermeabilizada ou de telhas de fibrocimento, cerâmicas ou galvanizadas, instalações elétricas e hidráulicas embutidas, normalmente em um ou dois pavimentos, piso com revestimento cerâmico e revestimento de paredes nas áreas molhadas. Em sua maioria, são atendidas pelas concessionárias de energia elétrica e abastecimento de água, tendo seu lançamento de esgoto na rede pública.



Figura 4. Exemplo de edificação de padrão normal, de quatro pavimentos porém, sem projeto estrutural/Fonte: os autores (2017)

### 3. METODOLOGIA

Nosso estudo estará focado no município de Juiz de Fora, como ilustração à realidade exposta até aqui, concentrando-se na região periférica. A metodologia foi dividida em três etapas, a saber:

#### i) Primeira etapa

Estudo preliminar em três tipos de ocupação no Bairro Três Moinhos: loteamento irregular, favela e cortiço, definidos a seguir:

- a. **Loteamento irregular:** Tem como condicionantes a ocupação de terras ociosas, geralmente nos finais de semana que é quando ocorre somente prestação de serviço de fiscalização sobre regime de plantão, em encostas íngremes ou talvegues. Estas ocupações se dão através da autoconstrução das unidades habitacionais e ausência ou precariedade de infraestruturas básicas. O objetivo das invasões é se instalar no local para futuramente tentarem ser regularizados perante o município através de usucapião ou até mesmo processo de regularização.
- b. **Favela:** É considerado um aglomerado de construções habitacionais autoconstruídas, dispostas de forma desordenada, densos e carentes de serviços públicos. São seguramente os mais precários de todos devido à insegurança da posse da terra, à predominância de padrões urbanísticos de baixa qualidade, um sistema viário precário e problemas de acessibilidade.
- c. **Cortiço:** Habitação coletiva com vários cômodos que são alugados ou cedidos servindo cada um destes como moradia para uma família, superlotados e com instalações sanitárias de uso comum.

#### ii) Segunda etapa

Após a definição e estudo preliminar dos tipos de ocupação a serem analisados, foi realizado, em conjunto com a Subsecretaria de Defesa Civil de Juiz de Fora, um levantamento de dados estatísticos do índice pluviométrico e das ocorrências na cidade de Juiz de Fora e no bairro Três Moinhos e Alto dos Três Moinhos (vide tabela 1).

É possível perceber um total de 445 ocorrências em 14 anos (vide Tabela 1) e destaca-se como o ano de maior percentual de ocorrências o ano de 2003 (3,87%) e o de menor percentual em 2008 (0,02%), conforme demonstrado na tabela 1. Não é adequado se fazer uma média de ocorrências destes anos pois as mesmas variam de acordo com o índice pluviométrico do período, fator este que acarretaria em um erro na análise dos dados. É importante ressaltar que o período chuvoso no município é considerado entre os meses de outubro a abril sendo que os maiores índices de chuva ocorreram entre novembro e janeiro (conforme registros estatísticos da Defesa Civil de Juiz de Fora).

### iii) Estudo in loco:

Por meio de estudo *in loco*, foi possível coletar informações de infraestrutura e das manifestações patológicas nas moradias, irregularidades de uso do terreno e intervenções executadas. Os parâmetros avaliados estão descritos a seguir.

1. Análise e levantamento por meio de visitas *in loco* das condições físicas no bairro com o intuito de coletar informações da infraestrutura e das manifestações patológicas apresentadas nas moradias caracterizando as patologias e tipologia das moradias e intervenções que melhor atenderiam as necessidades dos moradores;
2. Verificação da adequabilidade em qualquer terreno, agilidade na construção ou montagem, equilíbrio entre meio ambiente e a implantação, uso de materiais das proximidades visando à redução de custos e empirismo na execução evitando a dependência tecnológica. Propor diretrizes de projeto que garantam as condições de segurança, salubridade e correções das manifestações patológicas, que garantam condições de moradia adequada;
3. Avaliação das alterações funcionais e construtivas da área delimitada do assentamento analisando as intervenções realizadas pelo município no bairro e, sabendo que se trata de uma área de ocupação irregular, os fatores que englobam a regularização fundiária e o planejamento urbano.

**Tabela 1** – Número de ocorrências registradas pela Defesa Civil de Juiz de Fora de 2003 até 2016.

ANO	Quantidade de ocorrências no bairro Três Moinhos e Alto dos Três Moinhos	Porcentagem de ocorrências bairro/município	Pluviometria mais alta no ano (mm)
2003	131	3,87%	483,2 Jan
2004	67	1,56%	444,3 Dez
2005	16	1,16%	385,6 Jan
2006	56	1,94%	300,9 Nov
2007	49	0,85%	589,2 Jan
2008	1	0,02%	480,6 Dez
2009	3	0,09%	479,3 Dez
2010	3	0,08%	472,7 Dez
2011	21	0,63%	345,4 Dez
2012	10	0,37%	397,3 Dez
2013	13	0,39%	484,0 Dez
2014	31	1,26%	206,4 Nov
2015	23	0,84%	152,2 Jan
2016	21	0,55%	327,0 Jan

Fonte: Subsecretaria de Defesa Civil de Juiz de Fora e BDMEP – INMET

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ocorrências segundo a Defesa Civil

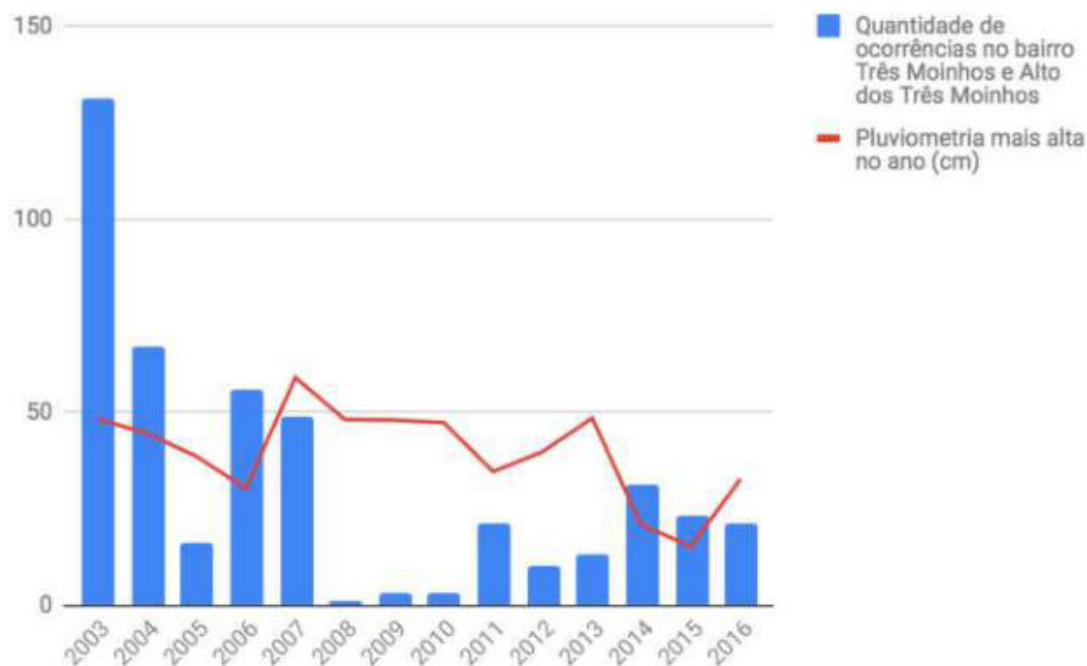
Tabela 2 – Principais causas de desabamento – Defesa Civil.

<b>Principais causas de desabamento segundo material técnico da Defesa Civil</b>	<b>Consequências</b>
Declividade e altura excessiva de cortes	Atingindo o solo de alteração e outros fatores condicionantes, a encosta fica suscetível a desabamento.
Execução inadequada de aterros	Pode gerar novas vias de condução de água levando à ruptura do aterro e escorregamentos.
Lançamento e concentração de águas pluviais	Pela ineficiência de sistema de drenagem, ocorrem infiltrações por trincas e fissuras, diminuindo a resistência do solo e provocando a ruptura de solos e aterros.
Lançamento de águas servidas	Infiltração excessiva de água no solo, agravada no período das chuvas.
Vazamento na rede de abastecimento de água	Causam saturação de água no solo e redes improvisadas são ainda mais inadequadas.
Fossa sanitária	-
Deposição de lixo	-
Remoção indiscriminada de cobertura vegetal	Diminui a proteção ao impacto e às infiltrações pluviais, além de que as raízes ajudam a conter o solo.

Fonte: Defesa Civil

#### **4.2. Análise da correlação entre índice pluviométrico e ocorrências**

A partir do levantamento do índice pluviométrico e das ocorrências segundo a Defesa Civil, obteve-se o gráfico ilustrado na figura 5 ilustrada, permitindo uma maior visualização das informações bem como para possibilitar a correta interpretação dos dados. Assim, foi possível concluir que não há relação direta entre a pluviometria mais alta no ano com o número de ocorrências, uma vez que há casos em que essa relação não é respeitada, por exemplo, o ano de 2007 em que o valor de pluviometria mais alto no ano corresponde ao maior valor em todos os anos analisados, embora o número de ocorrências seja apenas o quarto maior. De maneira semelhante, o ano de 2003, ano com maior número de ocorrências (131), não apresenta o maior valor anual de pluviometria. Logo, a interpretação dos dados obtidos nos leva a crer que há mais elementos que sejam determinantes na influência de ocorrências. Podemos propor uma suposição: a realização de intervenções, que podem por sua vez, reduzir ou aumentar os dados de ocorrência.



Obs.: A pluviometria foi apresentada em cm para ajuste de escala e melhor visualização das informações para efeitos de comparação.

Figura 5. Quantidade de ocorrências e pluviometria (cm)

### 4.3. Assentamentos precários e intervenções

A grande maioria das moradias posicionadas na encosta se deu através da abertura de platôs, estes executados sem critérios técnicos (escavação manual ou mecânica), cortes em seção mista (corte e aterro lançado sem compactação) e crista do aterro e corte do talude em 90 graus. Além disso, os acessos executados com precariedade através de trilhos e ruas estreitas, executadas manualmente ou mecanicamente, mas de forma totalmente empírica, vieram a ser melhorados pela Prefeitura, de forma que as ruas estreitas receberam pavimentação e nos “trilhos” foram confeccionadas escadões. Esta ocupação foi concebida na década de 60, iniciando-se na parte inferior do Bairro. Os integrantes desta população apresentam uma condição financeira melhor, portanto têm um histórico de compra dos terrenos, os demais ocupantes das áreas remanescentes possuem um histórico de situação de vulnerabilidade social. Esta área é considerada de AEIS (Áreas de Especial Interesse Social) devido à sua implantação e a característica de vulnerabilidade de seus habitantes.

Além disso, a base geomorfológica da localidade denota de alvéolo estrutural com vegetação na baixada e a partir do terço médio da mesma, colina aplainada com pastagem. Pode-se verificar nitidamente a presença de afloramentos de rocha, logo acima um extrato de solo residual jovem recoberto por solo argilo siltoso, com presença de uma capa de solo orgânico e áreas pontuais de acúmulo de lixo, trechos de erosão devido à insuficiência de captação pluvial ou mesmo a inexistência desta. Há também a presença de fossas negras como principal meio de esgotamento sanitário e vários pontos de lançamento do esgoto e água pluvial na encosta. Entre meio as construções é presente resíduo de mata densa com árvores de grande porte, eucaliptos e árvores nativas remanescentes da Mata Atlântica, como Embaúba, Paineiras e etc., muitos bambuzais e vegetação de pequeno porte como Capins-Napier, Braquiária, perdurando ainda a cultura de plantação de bananeira. Abaixo, são fornecidos alguns exemplos de intervenções efetuadas registradas em foto.





Figura 6. Utilização de telas como cobertura em taludes

Fonte: os autores (2017)



Figura 7. Construção de muro de arrimo

Fonte: os autores (2017)

É importante ressaltar que, durante o tempo de produção deste artigo, não foi possível obter junto ao órgão público um modelo sistematizado e cronológico das intervenções efetuadas na região dos Três Moinhos. Por essa razão, não pode-se estabelecer de forma conclusiva uma relação entre as intervenções em conjunto com as ocorrências e o índice pluviométrico. Ainda assim, fez-se necessário conhecer as principais manifestações patológicas que acometem os domicílios, uma vez que elas também fornecem informação relevante acerca das condições de moradia dos usuários.

#### 4.4. Manifestações patológicas encontradas

No levantamento do bairro Três Moinhos realizado durante o mês de outubro de 2017, foram selecionados e visitados 6 domicílios divididos em: 2 barracos, 2 edificações de baixo padrão e 2 edificações de padrão normal. Não existe na localidade ou não foi encontrada nenhuma habitação de alto padrão construtivo. Nas vistorias in loco foram verificadas as seguintes manifestações patológicas:

#### **4.4.1. Barracos**

Manifestações patológicas verificadas: na cobertura infiltração e gotejamento devido ao posicionamento e incompatibilidade das telhas utilizadas, proveniente também de furos preexistentes, com lona plástica frágil não resistindo às intempéries. A própria cobertura por não possuir um alinhamento correto e por ser o engradamento de madeiras variadas, não possui parafusos ou pregos para travar as telhas que são amarradas com arame recozido em uma parte e a outra colocada “pedras marruadas” para segurar a cobertura; ineficiência nas vedações laterais com vazamentos em vários pontos; fechamento da entrada precário com porta de madeira produzida com sobras; ventilação insuficiente; presença de muita umidade e mofo; inexistência de energia elétrica e água tratada prevalecem à utilização de poço raso e energia cedida; o lançamento de esgoto é em fossa negra e direcionamento de água pluvial a revelia.

#### **4.4.2. Baixo Padrão**

Manifestações patológicas verificadas: O fechamento de alvenaria mista (lajotas cerâmicas e blocos de cimento) apresenta-se em desaprumo; no interior são visíveis as faltas de amarrações entre as lajotas; os vãos de portas não são contemplados com verga possuindo trincas diagonais em 45° em ambos os lados; nas janelas não existem vergas nem contra vergas apresentando assim trincas diagonais em 45° acima e embaixo dos vãos; nas lajes de cobertura são visíveis às armaduras devido à corrosão, fruto de falta de cobrimento e infiltração por falta de impermeabilização, fator este contribuinte da utilização de concreto de baixa qualidade; o cabeamento de energia elétrica é exposto com emendas sem isolamento, cabos finos sem especificação adequada, com vários aparelhos ligados em uma só tomada; a ligação do chuveiro improvisada com pedaços de cabos, as instalações hidráulicas são expostas executadas com tubulação de baixa qualidade apresentando vazamentos principalmente nos pontos de serviço (torneiras, registro de chuveiro); infiltrações nas paredes por falta de um revestimento adequado, presença de umidade e mofo em todas as paredes do imóvel e direcionamento de água pluvial a revelia.



Figura 8. Exemplo de edificação de baixo padrão, com acúmulo de mofo em laje

Fonte: os autores (2017)

#### **4.4.3. Padrão Normal**

Manifestações patológicas verificadas: mesmo sendo executadas sem projetos e sem acompanhamento de profissional habilitado não foi detectada manifestações patológicas e sim defeitos construtivos que somente interferem na estética. Também é isenta de padrões como afastamento e áreas permeáveis. Estão localizadas nas áreas em níveis com cotas inferiores em terrenos maiores e mais estáveis.



Figura 10. Exemplo de edificação de padrão normal, pobre em revestimento adequado

Fonte: os autores (2017)

## 5. CONCLUSÃO

O Bairro Três Moinhos é caracterizado como assentamento precário e um espaço que está em constante movimento e transformação. Assim, deve ser contemplado com urbanização e obras estruturantes que venham a abranger esse espaço em movimento. Os agentes transformadores são os próprios moradores, que no intuito de melhorar suas residências continuam a abrir espaços nas encostas, além das situações de verticalização das construções do assentamento em cujo muitas delas não possuem infra e superestrutura em condições de receber carregamento adicional, gerando assim risco de desabamentos. Nesse caso, existem dois tipos de intervenções principais: primeiro, uma medida extrema, que é a remoção dos tipos de moradia estudados, através de sua demolição e realocação dos habitantes em programas habitacionais, assim como a recuperação da área degradada, de forma a evitar novas invasões e possíveis escorregamentos, mitigar o risco do local e potencializar melhores condições de vida para estes ocupantes. Este tipo de moradia é parte integrante do “PAC (Programa de Aceleração do Crescimento – Ministério das Cidades), que em seus itens financiáveis o habitacional é contemplado, pois visa à diminuição da densidade e ao reordenamento urbano: realocação (na mesma área) ou reassentamento (em outras áreas). As outras moradias devem receber melhores condições habitacionais como módulos sanitários e cobertura. O segundo tipo corresponde à intervenção para a regularização e integração urbana, transformando o assentamento em bairro, que através do PAC contemplaria a regularização fundiária e a integração urbana visando assegurar a segurança na posse. A mesma deve ocorrer durante a execução das obras tanto para as famílias que receberão novas unidades habitacionais, quanto para as que serão consolidadas; deve-se também assegurar a infraestrutura básica, a contenção e estabilização de solo para eliminação de risco, construção de equipamentos públicos e ajuste do parcelamento urbano e ruas. Devido ao assentamento estar localizado na periferia do município e o bairro localizar-se em uma encosta, sendo esta uma conformação de talvegue com resíduo de mata atlântica e demais itens mencionados, cabe ressaltar que a questão ambiental também é parte integrante do PAC onde, em seus itens financiáveis, contempla projetos ambientais visando prevenir novas ocupações em áreas de onde as famílias foram removidas. Deve, portanto, ser dado um uso adequado considerando: o perfil natural da área e as características urbanas e sociais da localização. Após a readequação da estrutura do bairro, visando ao quadro de necessidades e bem estar dos moradores e,



mediante os financiamentos, deve-se propor habitações de qualidade pensando também em um espaço coletivo e funcional. O bairro deve ser incluído no plano diretor do município e ser incorporado ao processo de planejamento da cidade, na legislação vigente e nos planejamentos dos cadastros relativos ao parcelamento e uso do solo urbano, para que sejam mantidas as intervenções realizadas.

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] G1 NOTÍCIAS. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/seu-dinheiro/noticia/2013/08/veja-diferencas-entre-conceitos-que-definem-classes-sociais-no-brasil.html>. Acessado em: 01/11/2018
- [2] Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/cidade/historia.php>. Acessado em: 01/11/2018.
- [3] BARBOSA, Yuri Amaral. *O processo urbano de Juiz de Fora – MG: Aspectos econômicos e espaciais do Caminho Novo ao ocaso industrial. Monografia apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Geografia, 2013.*
- [4] GIROLETTI, Domingos. *Industrialização de Juiz de Fora. 1a edição, Ed. UFJF, Juiz de Fora, 1988.*
- [5] MIRANDA, Sonia Regina. *Cidade, Capital e Poder: Políticas públicas e questão urbana na velha Manchester Mineira. Dissertação. Universidade Federal Fluminense, 1990.*
- [6] IPARDES/IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada/Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. *Assentamentos Precários Urbanos: Espaços da Região Metropolitana de Curitiba: Curitiba, 2010.*
- [7] MINISTÉRIO DAS CIDADES. *Guia para o Mapeamento e caracterização de Assentamentos Precários, primeira impressão: Maio de 2010.*
- [8] DIAS, Daniel da Silva. “VOU LEVANTAR O MEU BARRACO”: *Um diagnóstico geográfico sobre as condições de habitabilidade no espaço periférico, Três Moinhos, em Juiz de Fora - MG. Monografia apresentada ao curso de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Geografia, 2017.*
- [9] Subsecretaria de Defesa Civil. *Programa de Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários (PURI), Juiz de Fora MG, maio 2007.*
- [10] BRASIL. *Lei N° 9811, de 27 de junho de 2000. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora.*
- [11] BRASIL. *Lei N° 12340, de 1 de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades.*
- [12] BRASIL. *Lei N° 12608, de 10 de abril de 2012. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.*
- [13] CURSO de Atualização em Gestão de Risco de Desastres, *Secretaria Nacional de Defesa Civil, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD). Manual do Participante, Brasília DF. 2013*
- [14] FILHO, A. P. Q. *As definições de assentamentos precários e favelas e suas implicações nos dados populacionais abordagem da análise de conteúdo. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana: set/dez 2015.*
- [15] GONÇALVES, Juliano Costa. *Por uma verdadeira e viva Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. NEPED/UFSCAR 2013.*
- [16] JUIZ DE FORA. *Lei n° 6908/1986 e n° 6909/2010. Dispõe sobre o ordenamento do uso e ocupação do solo, e edificações no Município de Juiz de Fora.*

# CARACTERIZAÇÃO DE NECESSIDADES HABITACIONAIS EM MORADIAS AUTOCONSTRUÍDAS: ESTUDO DE CASO EM CARUARU-PE

Rhaiana Bandeira Santana ([rhaiana.bs@gmail.com](mailto:rhaiana.bs@gmail.com)); Vanda Alice Garcia Zanoni ([vandazanoni@unb.br](mailto:vandazanoni@unb.br))

Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UnB-FAU) - Brazil

**Palavras-chave:** Melhoria Habitacional; Inadequação de domicílios; Indicadores.

*Este artigo apresenta a pesquisa de campo realizada junto aos moradores do bairro São João da Escócia, em Caruaru, Pernambuco, Brasil. O bairro estudado apresenta moradias com diversas carências habitacionais. As famílias residentes foram pré-selecionadas para participar de um programa governamental de subsídio à melhoria habitacional, o Programa Cartão Reforma, que está em fase de implementação pelo governo federal brasileiro. O objetivo do artigo é levantar e caracterizar os tipos de carências construtivas e projetuais em moradias de baixa renda, especificamente visando à criação de indicadores para implementação, acompanhamento e avaliação de políticas públicas de melhoria habitacional. O método utilizado consiste na análise dos aspectos quantitativos e qualitativos da unidade habitacional autoconstruída, levantados durante visitas in loco e suas correlações com os parâmetros construtivos e de projeto. Os dados quantitativos são resultado da aplicação de questionário com as famílias que levantaram informações acerca do uso, infraestrutura, quantidade de cômodos, tipologia estrutural e acabamentos. Os dados qualitativos são resultado de verificação visual e tipificação da carência, em levantamento realizado in loco. Foram analisados aspectos relacionados à ausência de revestimentos; problemas nas instalações hidrossanitárias e elétricas; insuficiência de iluminação e ventilação; presença de umidade; e acúmulo de lixo nas unidades. Os resultados são apresentados de forma a suscitar a discussão acerca da inadequação domiciliar e da proposição de indicadores habitacionais. Foi possível constatar a necessidade de equilíbrio entre a obtenção das informações quantitativas e qualitativas, como forma de diagnosticar as reais carências habitacionais.*

## 1. INTRODUÇÃO

*“A moradia adequada é um direito humano universal” (Organização das Nações Unidas, 2016). De acordo com o Secretário Geral da ONU, a moradia é muito mais do que ter quatro paredes e um teto é necessário garantir moradia adequada e oportunidade de acesso a todos. O termo habitação de interesse social (HIS), especificamente no Brasil, é utilizado para designar o “conjunto de políticas e programas de investimentos e subsídios que viabilizam moradia digna à população de baixa renda” (BRASIL, 2005).*

O governo brasileiro vinha apostando na produção de unidades habitacionais como principal estratégia para mitigar as necessidades habitacionais. Desde 2009, com a edição da Lei nº 11.977 de 2009 foram produzidas 4,45 milhões de unidades habitacionais pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Os investimentos no PMCMV desde 2009 até 31/07/2018 foram de R\$ 436 bilhões, conforme resumo executivo disponibilizado pelo Ministério das Cidades (2018). Entretanto, esse sucesso quantitativo está vinculado a sérios problemas de qualidade arquitetônica e urbanística (BONDUKI, 2012; FERREIRA, 2012).



Em contraponto a essas críticas, iniciativas mais recentes do governo federal sugerem uma maior atenção com a qualidade do estoque habitacional brasileiro, como por exemplo, a priorização de empreendimentos aliados a equipamentos públicos no Minha Casa Minha Vida e também a implementação de projetos pilotos como o Minha Casa Mais Sustentável e o Programa Cartão Reforma.

Levantamentos oficiais apontam que apenas 2,07 milhões de moradias apresentam alguma inadequação na unidade habitacional, ou seja, aspectos do domicílio que prejudicam a qualidade de vida dos moradores (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Este número pode ser considerado relativamente baixo em relação ao total de mais de 60 milhões de moradias existentes em todo o Brasil (IBGE, 2018).

Quando avaliado o percentual de moradias identificadas com inadequadas, algumas questões são levantadas: Será que os aspectos de inadequação habitacional correspondem à integralidade das carências habitacionais? Os levantamentos quantitativos conseguem identificar os aspectos qualitativos das inadequações projetuais e construtivas?

Diante desses questionamentos, o objetivo deste artigo é analisar os tipos de carências habitacionais detectadas durante pesquisa habitacional *in loco*, especificamente em moradias autoconstruídas, visando à discussão sobre o viés qualitativo e quantitativo dos aspectos relacionados à inadequação habitacional.

A pesquisa de campo foi realizada no município de Caruaru, interior de Pernambuco. A escolha da área faz parte do estudo para implantação de um novo programa federal de melhoria habitacional, chamado Cartão Reforma, criado pelo governo federal.

## 2. CARTÃO REFORMA: PROGRAMA DE MELHORIA HABITACIONAL

Em 2016, o governo federal brasileiro por meio do Ministério das Cidades propôs uma nova política habitacional voltada à melhoria habitacional, o Cartão Reforma, com a edição da medida provisória nº 751/2016, convertida na Lei nº 13.439, de 2017. Trata-se de programa que busca melhorar as condições de moradias das famílias de baixa renda por meio da concessão de subsídio para compra de materiais de construção e assistência técnica de profissionais da área de construção civil (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018).

Essa política pública surgiu em resposta ao déficit habitacional qualitativo<sup>100</sup>, indicador que contempla aspectos relativos à precariedade das condições de moradia, em especial por causa do baixo investimento das famílias de baixa renda em reformas (BRASIL, 2018). O Programa consiste em uma subvenção direta ao beneficiário com recurso do orçamento geral da união; em contrapartida, a família é a responsável pela execução da obra seja por autoconstrução, mutirões ou contratação direta do prestador de serviço (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

A subvenção varia de 2 mil a 9 mil reais e engloba os seguintes serviços: fossa e sumidouro, construção de quarto, construção e reforma de banheiro, substituição ou reforma de telhado, reforma de piso, reboco e pintura, troca de esquadrias e acessibilidade. Para a contratação de assistência técnica, são destinados 15% dos recursos para viabilizar a contratação de arquitetos, engenheiros e profissionais da construção civil (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

O público alvo do Programa são proprietários detentores ou possuidores do imóvel, com renda bruta familiar de até 3 salários mínimos, desde que a edificação não tenha sido subsidiada pelo governo nos últimos 10 anos (BRASIL, 2017). Podem ser contemplados os

---

<sup>100</sup> Como déficit habitacional qualitativo entende-se os componentes de inadequação de domicílios ligados à moradia, utilizando a metodologia Fundação João Pinheiro.

domicílios autoconstruídos, caracterizados por serem produzidos pelos próprios moradores nos fins de semana, ou nas horas de folga, contando com a ajuda de amigos ou parentes, ou profissionais contratados com pouca qualificação e sem supervisão técnica (MARICATO, 1978).

No Brasil, estudos mostram que quase metade das obras são feitas por autoconstrução. cerca de 47,6% da demanda de materiais de construção foram para consumidores pessoas físicas, enquanto apenas 36,1% para as construtoras (ABRAMAT; 2017) e menos de 14,60% contratou arquitetos ou engenheiros (CAU/DATA FOLHA, 2015).

Grande parte dessas moradias brasileiras autoconstruídas ou autogeridas pelos próprios moradores, sem o acompanhamento de profissional especializado, tende a resultar em um estoque que apresenta carências projetuais e construtivas. Saber diagnosticar essas carências é um grande desafio.

### 3. METODOLOGIA

O bairro São João da Escócia, objeto de estudo dessa pesquisa, possui área total de aproximadamente 224 mil m<sup>2</sup> e está localizado na periferia do município de Caruaru, no agreste do estado de Pernambuco, Brasil. O bairro apresenta relevo plano, hidrografia composta apenas por um córrego não canalizado e solo siltargiloso e pedregoso.

Os moradores do bairro analisado são predominantemente famílias de baixa renda (média de até três salários mínimos mensais) e população estimada de 3 mil pessoas. A maior parte do bairro já possui infraestrutura urbana como energia elétrica, pavimentação, água e esgoto, entretanto os moradores não possuem documentos de propriedade, mesmo residindo na área há mais de 20 anos. Trata-se de um loteamento clandestino que ainda não foi regularizado, com área média dos lotes de 200m<sup>2</sup>.

A área foi escolhida para ser o projeto piloto do Programa Cartão Reforma, por intermédio do Acordo de Cooperação Técnica. Por essa razão, vários técnicos do Ministério das Cidades e da prefeitura de Caruaru realizaram vistorias nos imóveis para verificar possíveis carências habitacionais. Na oportunidade, foi utilizado um aplicativo com formulário eletrônico e mapeamento de GPS, para verificar a situação da moradia, localização geográfica e arquivar as fotos das habitações.

O objetivo inicial desse levantamento foi verificar se as famílias que estavam pleiteando o subsídio do Cartão Reforma realmente apresentavam carências habitacionais compatíveis com os serviços propostos pelo Programa. O fluxo consistiu em uma análise socioeconômica das famílias interessadas, vistorias nos imóveis e posterior concessão do benefício.

Neste artigo será apresentado o resultado da primeira etapa desse processo, que consistiu na vistoria em 115 imóveis de famílias que estavam pleiteando o benefício do Cartão Reforma. Os dados extraídos dessas visitas foram divididos em dois tipos: quantitativos, relativos aos dados aferidos no aplicativo pelos vistoriadores; e os dados qualitativos referentes às análises das fotos, conversas com os moradores e experiências de campo.

Todas as moradias selecionadas para a primeira etapa da aplicação do piloto do Programa Cartão Reforma foram enquadradas em conclusão de obra 1, 2 ou 3, que permite um serviço de reforma mais híbrido, incluindo execução de reboco e/ou pintura, reforma de piso, esquadrias e instalações hidrossanitárias e elétricas, compatíveis com as carências detectadas *in loco*.

Cabe destacar que todas as vistorias aos imóveis foram feitas por arquitetos, engenheiros e estagiários da área de construção civil, vinculados à prefeitura de Caruaru-PE ou ao Ministério das Cidades.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Aspectos quantitativos

Foi constatado que das 115 moradias vistoriadas mais de 90,00% são de uso residencial, 3,47% de uso misto e 6,08% de uso comercial. A tipologia das unidades habitacionais é de 64,34% casas geminadas, seguida de 25,21% casa<sup>101</sup>, 6,08% sobrado e 5% apartamento.

Sobre a infraestrutura urbana, 93,91% do abastecimento de água é feito pela rede pública, uma pequena parcela de 6,08% é cedida, ou atendida por carro pipa, cisterna, cacimba, entre outros. O esgoto possui uma alta taxa de cobertura, sendo 95,65% atendido por rede enquanto 4,34% é lançado na rua, vala ou córrego.

Quanto à quantidade de cômodos da moradia, 18 domicílios vistoriados não possuíam banheiros internos (15,65%), 82 domicílios possuíam um banheiro (71,3%) e 15 domicílios (13,04%) possuíam dois banheiros. Nenhuma moradia apresentou três ou mais banheiros. A quantidade de quartos por domicílios correspondeu a 9,56% com nenhum quarto, 13,04% com um quarto, 51,30% com dois quartos, 24,34% com três quartos e 1,73% com quatro quartos. Acerca do adensamento excessivo, dado pela relação entre o número de moradores e a quantidade de dormitórios, apenas 8,69% dos domicílios foram enquadrados nessa categoria. Cabe destacar que 11 domicílios não tinham nenhum quarto.

Para as estruturas da moradia e da cobertura foram criados quatro critérios: boa estável, regular estável<sup>102</sup>, com risco e precária<sup>103</sup>. Sobre a estabilidade aparente dos pilares e da alvenaria, 62,60% das moradias vistoriadas possuíam estrutura boa estável, 24,31% regular estável e 11,30% com risco ou precária. Sobre a estabilidade da cobertura, 44,34% dos vistoriadores assinalaram boa estável, 44,34% regular estável e 10,43% precária ou com risco.

Sobre o acabamento do piso, poucas unidades habitacionais apresentaram 100% de piso cerâmico ou chão batido, sendo a maior parte de piso cimentado (47,82%). Muitas moradias apresentaram mais de um tipo de piso, ou seja, não há uma predominância de um único tipo de piso.

Acerca do revestimento de parede, 18,26% dos moradores possuem de 0 a 30% de reboco nas paredes internas, 16,52% possuem de 30 a 80% e 65,21% possuem de 80 a 100% das paredes rebocadas internamente. Nas paredes externas a situação reverte, 49,56% possuem de 0 a 30% de reboco externo, 21,73% possuem de 30 a 80% e 28,69 possuem 80 a 100%. Cerca de 42,60% das moradias possuem 0% de reboco externo.

A respeito da cobertura, 60% das moradias possuem mais de 80% de telhado cerâmico, 11,3% das moradias possuem mais de 100% de telha fibrocimento e 18,26% apresentam 100% de laje sem cobertura, nenhuma moradia apresentou telha metálica.

Sobre a presença de louças e metais na moradia (Figura 2), foi questionado sobre a existência de hidrômetro, lavatório, pia na cozinha, chuveiro, registros, tanque, torneiras e vaso. Mais de 75% das unidades possuem as louças e metais questionados. Apenas o

---

<sup>101</sup> Casa foi entendida como unidade independente em um pavimento, podendo ser térrea ou em pavimento superior [sobrepota/ na laje]

<sup>102</sup> Como estrutura estável foi considerada a edificação que não apresenta riscos, rachaduras, nem deformações, entre outras patologias que comprometam uma possível reforma. A avaliação deveria ser feita sob a ótica dos serviços solicitados (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018).

<sup>103</sup> Estrutura com risco ou precárias refere-se à edificação apresenta rachaduras, deformações, entre outras patologias que comprometem a estabilidade da edificação. Era necessário avaliar se o terreno possuía alguma erosão que acarretasse recalque da estrutura (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2018).

componente do lavatório apresentou um percentual menor, 48% dos domicílios não possuíam lavatório.

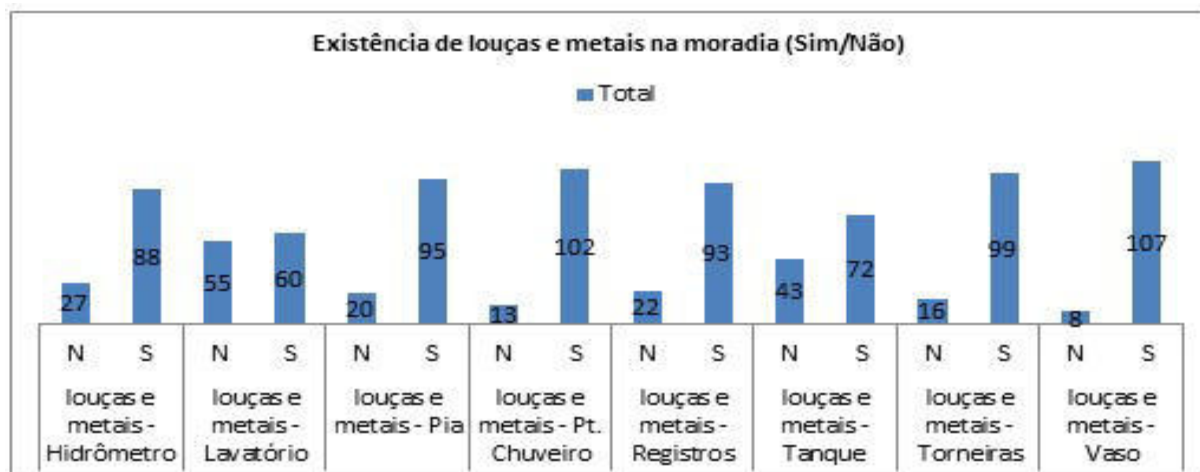


Figura 1. Existência de louças e metais na moradia

#### 4.2 aspectos qualitativos

Durante as 115 vistorias realizadas, foram observados aspectos relacionados à ausência de revestimentos, problemas nas instalações hidrossanitárias e elétricas, presença de umidade, insuficiência de iluminação e ventilação e acúmulo de lixo.

Na Figura 2 (a, b e c), observam-se três exemplos muito recorrentes durante as vistorias. Banheiros sem revestimento ou proteção contra a umidade acarreta problemas de umidade mofo e infiltrações.



Figura 35. Banheiros residências vistoriadas.

Observam-se ainda sanitários que não estavam ligados à tubulação hidráulica e são acionados com baldes d'água pelos próprios usuários (Figuras 3a e 3c), ausência de ralos ou outros dispositivos para escoamento da água e tubulações aparentes que apresentavam vazamentos (Figura 2a e 2c).

Na Figura 4, observam-se algumas imagens sobre a situação das instalações elétricas nas moradias vistoriadas. Em especial, nas moradias com telha cerâmica, as luminárias são



instaladas diretamente na estrutura do telhado ou suspensas, e quando chove, conforme relatos de alguns moradores ocorrem pequenos curtos circuitos. Além disso, muitas moradias não apresentam quadros de energia e nem distribuição por circuitos.

Na Figura 5 apresentam-se fotos que demonstram alguns exemplos de percolação devido à falta de impermeabilização do subsolo e problemas de vazamento da cobertura que acabam provocando bolor nas paredes. As situações variam desde um grau leve de bolor até situações de muito mofo (Figura 5a a 5f). Foram detectados problemas de impermeabilização em diversas moradias que foram vistoriadas. Não foi possível levantar a quantidade exata porque não havia nenhuma pergunta no formulário eletrônico sobre presença de umidade nas unidades habitacionais.



Figura 36. Instalações hidrossanitárias.



Figura 37. Instalações elétricas moradias vistoriadas.





Figura 38. Infiltração e umidade.

Como a maioria das casas era geminada, observa-se uma carência de aberturas para ventilação e iluminação. A maior parte só possui uma porta e uma janela na fachada frontal (Figura 6c), sem nenhum prisma para ventilação. Quando possuem aberturas, são muito pequenas, criando problemas de iluminação no interior das residências que acabam tendo que ficar com a luz acesa durante o dia (Figura 6b).

Outro agravante é o baixo pé direito das moradias (Figura 6a) que potencializa o problema da iluminação e ventilação, além de piorar o conforto térmico no interior das edificações.



Figura 39. Iluminação e ventilação.

Diversas habitações vistoriadas, inclusive de dois pavimentos, eram de alvenaria autoportantes, entretanto, grande parte não foi dimensionada para tal, por essa razão apresentam trincas (Figura 7d) e deformações. Na Figura 7a observa-se deformação na laje da marquise projetada em balanço, sobre a qual foi assentada as paredes de alvenaria do segundo pavimento. Essa situação apresenta risco estrutural, principalmente decorrente do peso elevado da alvenaria que descarrega a carga na extremidade de uma laje que se projeta em balanço. Outra manifestação patológica muito recorrente pode ser observada na Figura 7b, onde os tijolos perderam massa devido à falta de manutenção do revestimento e a presença de umidade na base da parede.



Figura 40. Trincas e problemas estruturais.

## 5. DISCUSSÕES

Ao analisar os aspectos quantitativos e qualitativos das vistorias, verificou-se que os aspectos ligados à infraestrutura urbana como rede de abastecimento de água e esgoto apresentam um percentual pequeno de carências. Apenas a inadequação fundiária foi detectada em todas as moradias vistoriadas. Pode-se constatar que a infraestrutura urbana do assentamento é satisfatória, visto que mais 90% dos imóveis vistoriados possuem serviços de água e esgoto.

Esse resultado já era esperado, pois, de acordo com o manual de execução do Programa Cartão Reforma, o Ministério das Cidades (2017) prioriza áreas que já possuam infraestrutura urbana, uma vez que o benefício é exclusivo para melhorias habitacionais, não abrangendo aspectos urbanos.

Referente à quantidade de cômodos, os dados levantados demonstram que algumas moradias apresentam carências básicas, como a disponibilidade mínima de espaços para a realização de atividades essenciais da habitação, tais como repousar e fazer a higiene pessoal. Segundo a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013), recomenda-se para uma funcionalidade adequada da moradia, uma compartimentação mínima incluindo as seguintes atividades essenciais: dormir, estar, cozinhar, alimentar, fazer higiene pessoal, lavar e secar roupas, estudar e ler.

As carências observadas acerca da iluminação e ventilação dos imóveis (Figura 7), não atendem o mínimo para uma renovação do ar higiênica e iluminação mínima, comprometendo assim, a qualidade ambiental interna da edificação. Segundo a NBR 15.575-4 (ABNT, 2013), para o município de Caruaru, a abertura para ventilação deve ser igual ou maior a 8% da área do piso, requisito pouco utilizado nas moradias autoconstruídas de baixa renda.

Com relação à estrutura do imóvel e da cobertura, no levantamento quantitativo foi identificado que as moradias eram predominantemente boas e estáveis, entretanto ao analisar as fotos e com base nas vistorias in loco infere-se que diversos domicílios apresentaram patologias projetuais e construtivas. É importante ressaltar que essa pergunta era um critério de exclusão do processo seletivo de famílias, por entender que estruturas com risco ou precária necessitam de reconstrução e não de reforma. Por essa razão, é importante averiguar se não houve uma inclinação dos vistoriadores em marcarem os itens que não excluía os interessados à obtenção do subsídio.

A quantidade de casas com laje sem cobertura ou impermeabilização sugere que muitas famílias não se preocupam com a umidade. Talvez, por conta do baixo índice pluviométrico anual da cidade que é de 551 milímetros (mm).

Existe uma predominância de paredes internas rebocadas ao invés das paredes externas, o que sugere que as famílias se preocupam mais com o conforto no interior da edificação do que com as condições de exposição externas às águas de chuva.

A predominância do piso cimentado, que é barato e de fácil execução, pode ser explicada como uma solução para amenizar problemas de poeira e sujeira, funcionando como uma etapa intermediária para posterior execução do piso cerâmico.

A ausência do revestimento nos banheiros (Figuras 3 e 4) acarreta uma alta taxa de mofo e fungos. Foi detectado problemas de umidade ascendente e de infiltração (ZANONI, 2015), principalmente nos quartos, salas e banheiros. Este fato pode corroborar com a presença de doenças respiratórias. O mofo é um problema grave porque sua taxa de crescimento tem sido associada a várias doenças, em especial às respiratórias como bronquite, pneumonia, entre outras (PATINO, SIEGEL, 2018).



Com relação ao funcionamento das instalações hidrossanitárias, apesar de ter um resultado satisfatório na análise quantitativa, quando analisado sob o viés qualitativo constata-se que a presença de determinado equipamento não caracteriza o seu bom funcionamento. Esse fato também ocorreu na análise das instalações elétricas e cobertura, pois as moradias possuíam as luminárias, tomadas e telhado, porém não funcionavam adequadamente.

## 6. CONCLUSÕES

Conclui-se que, neste estudo de caso sobre carências habitacionais, a análise do viés quantitativo não conseguiu caracterizar completamente o fenômeno. Foi necessário compará-lo aos aspectos qualitativos para melhor interpretação dos dados. Tratou-se de uma análise limitada das carências habitacionais, visto que o estudo de caso contemplou apenas a situação de um bairro específico, porém que revelou uma multiplicidade de deficiências muito comuns em domicílios brasileiros, ocasionadas principalmente pelo baixo poder aquisitivo das famílias e falta de acompanhamento de profissionais especializados para construção e reforma das moradias.

As precariedades habitacionais observadas são de difícil mensuração por meio de questões objetivas/quantitativas. As moradias autoconstruídas predominantemente apresentam etapas construtivas não concluídas, onde as famílias autoconstróem o mínimo para morarem e com o passar do tempo e aumento dos recursos financeiros vão melhorando suas moradias.

Entende-se, após análise e discussão dos dados coletados, que é necessário aperfeiçoar os indicadores sobre inadequação domiciliar, pois muitas vezes as informações quantitativas não conseguem revelar a real situação de uma moradia. Entretanto, é preciso entender que análises qualitativas podem ser muito subjetivas, pois acabam refletindo a percepção dos vistoriadores que nem sempre é imparcial. Deve-se buscar um equilíbrio entre as informações quantitativas e qualitativas, de forma a detectar as reais carências habitacionais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Abramat. Fundação getúlio vargas. Perfil da Indústria de material de construção. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/datafiles/perfil-da-cadeia-2017-versao-site.pdf>> Acesso em: 10 abr. 2018.*
- *Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.*
- *Bonduki, N. Origens da habitação social no Brasil: arquitetura moderna, lei do inquilinato e difusão da casa própria. 6 edição. São Paulo: Estação Liberdade, 2011. 344 p.*
- *Brasil. Casa Civil da Presidência da República. Avaliação de políticas públicas: Guia prático de análise ex ante. Volume 1. Brasília, 2018.*
- *Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 05 abr 2015.*
- *Brasil. Lei nº 13.439, de 27 de abril de 2017. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/L13439.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13439.htm)> Acesso em: 05 abr 2015.*
- *Conselho de Arquitetura e Urbanismo. Data folha. Pesquisa percepções da sociedade sobre arquitetura e urbanismo. 2015. Disponível em: <http://www.caubr.gov.br/pesquisa-caubr-datafolha-revela-visoes-da-sociedade-sobre-arquitetura-e-urbanismo/> Acesso em: abr 2018.*
- *Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informações. Déficit Habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte, 2018.*

- IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de domicílios. 2018. Disponível em: <  
[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa\\_resultados.php?id\\_pesquisa=149](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisa_resultados.php?id_pesquisa=149)>  
Acesso em: 19 mai. 18.*
- Maricato, E. *Autoconstrução, a arquitetura possível. In: Singer, P. Bolaffi, G. Maricato, E. Bonduki, N. Ferracine, G. A produção Capitalista da Casa (e da cidade). São Paulo: Editora Alfa-Omega. 2ed. 1982.*
- Ministério das Cidades. *Informações sobre o Programa Cartão Reforma. Disponível em:  
<<http://www.cartaoreforma.cidades.gov.br/o-programa/>> Acesso em: 05 abr 2018.*
- Ministério das Cidades. *Portaria nº 559, de 20 de setembro de 2017. Disponível em: <  
<http://www.cartaoreforma.cidades.gov.br/legislacao/>> Acesso em: 05 abr 2018.*
- Organizações das Nações Unidas. *Moradia adequada deve estar no centro das políticas urbanas, diz ONU no Dia Mundial do Habitat. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/moradia-adequada-deve-estar-no-centro-das-politicas-urbanas-diz-onu-no-dia-mundial-do-habitat/> Acesso em: 12 out 2018.*
- Patino, E. Siegel, A. *Indoor Environmental Quality in Social Housing: A literature review. University of Toronto, Canada. In: Building and Environment Volume 131, March 2018, Pages 231-241.*
- Zanoni, V. *Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento hidrotérmico de fachadas em Brasília. Tese (doutorado em arquitetura em urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2015.*



## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Graciela Viviana Zucarelli ([vivianazucarelli@gmail.com](mailto:vivianazucarelli@gmail.com))

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (UNL-FICH) - Santa Fe, Argentina.

**Palavras chave:** Gestión del agua, Objetivos de Desarrollo Sostenible, Argentina.

*La Agenda 2030 es una iniciativa firmada en septiembre de 2015 por 193 estados miembros de las Naciones Unidas. Su documento fundacional se denomina “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible”.*

*A principios de 2016, Argentina inició el proceso de adaptación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a la realidad nacional. Se determinó que el Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales realizara una priorización de las metas de los ODS de acuerdo a los Objetivos y Prioridades del Gobierno Nacional, en particular, respecto del objetivo aspiracional de eliminación de la pobreza. Esta priorización de metas fue entregada para su consideración y análisis a todos los ministerios y organismos del Poder Ejecutivo Nacional.*

*En ese marco, el 19 de octubre de 2017 se realizó en la ciudad de Buenos Aires un Taller, organizado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) y el Foro Argentino del Agua (FADA), con la asistencia de AySA (Agua y Saneamiento SA), con el objeto de evaluar el indicador 6.5.1. “Grado de implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos”.*

*Este trabajo presenta los principales aspectos del mencionado Taller, que congregó a 61 participantes, de distintos sectores del gobierno nacional y de los gobiernos provinciales abocados a resolver problemas hídricos.*

*Como resultado, el valor del indicador 6.5.1 para la República Argentina resultó de 38.2, lo que significa una implementación Media-Baja.*

*Una de las principales fortalezas, como resultado del Taller, está centrada en las instituciones y la participación, especialmente a nivel nacional.*

### 1. INTRODUCCIÓN

El agua dulce es un recurso clave para la salud, la prosperidad y la seguridad humana. Este recurso es esencial para la erradicación de la pobreza, la igualdad de género, la seguridad alimentaria y la preservación de ecosistemas.

En julio de 2010, la Asamblea General de Naciones Unidas declaró el acceso al agua dulce y al saneamiento como un derecho humano. Sin embargo, la falta de acceso al agua potable en cantidad y calidad adecuada continúa siendo uno de los problemas más importantes de salud a nivel mundial.

El manejo sostenible del agua se ha reconocido como uno de los ejes centrales de la nueva Agenda 2030, con un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) específicamente dedicado al agua y al saneamiento, a fin de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, además del saneamiento para todos.

Dicha Agenda es una iniciativa firmada en septiembre de 2015 por 193 estados miembros de las Naciones Unidas. Su documento fundacional se denomina “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible”, (Metas e Indicadores. Listado provisorio de metas e indicadores de seguimiento de ODS en Argentina, 2007).

Si bien es el ODS 6 el que explícitamente refiere al agua, la mayoría de los otros ODS (sino todos) están relacionados con la disponibilidad de recursos hídricos en calidad, cantidad y oportunidad. Acaso ¿es posible dar fin a la pobreza, lograr el hambre cero, garantizar la salud y el bienestar de la población, reducir las desigualdades, mantener la vida de los ecosistemas terrestres, la vida submarina, sin agua?

Es por eso que el manejo sostenible del agua se ha reconocido como uno de los ejes centrales de la Agenda, con un Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS 6) específicamente dedicado al agua y al saneamiento, a fin de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, además del saneamiento para todos.

En ese marco, a principios de 2016, Argentina inició el proceso de adaptación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a la realidad nacional. Se determinó que el Consejo Nacional de Coordinación de Políticas Sociales realizara una priorización de las metas de los ODS de acuerdo a los Objetivos y Prioridades del Gobierno Nacional, en particular, respecto del objetivo aspiracional de eliminación de la pobreza. Esta priorización de metas fue entregada para su consideración y análisis a todos los ministerios y organismos del Poder Ejecutivo Nacional.

A partir de esta priorización se inició un proceso de trabajo en comisiones, consultas y revisiones transversales en el que intervinieron 26 organismos nacionales. Para la adaptación se consideró:

- Adoptar las metas e indicadores como han sido internacionalmente planteados.
- Adecuar el contenido de las metas a las prioridades nacionales (contenido y horizonte temporal) y seleccionar indicadores pertinentes de seguimiento.

En ese contexto, el 19 de octubre de 2017 se realizó en la ciudad de Buenos Aires un Taller, organizado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) y el Foro Argentino del Agua (FADA), con la asistencia de AySA (Agua y Saneamiento SA).

El desarrollo del proceso comenzó 20 días antes del taller, con el envío del cuestionario a diversos actores involucrados en la gestión del agua de forma directa o indirecta. El Taller congregó a 61 participantes, de distintos sectores del gobierno nacional y de los gobiernos provinciales abocados a resolver problemas hídricos.

Se presentan en este trabajo, las principales conclusiones obtenidas de dicho Taller.

## **2. LA GESTIÓN DEL AGUA Y SE RELACIÓN CON LOS ODS**

“La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y los otros recursos relacionados, con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas” (GWR; 2009).

En el marco de la declaración de los 17 ODS, el número 6 es “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todo ecosistemas vitales.”

A su vez, el Objetivo 6 se compone de 6 metas, dentro de las cuales, la quinta es “De aquí a 2030, implementar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda”. Por su parte, el indicador 6.5.1 se refiere al “Grado de aplicación de la ordenación integrada de los recursos hídricos, con un valor entre 0 y 100”.

Los 17 ODS se relacionan con el ODS 6 dedicado al agua, poniendo en evidencia la visión social del agua y su transversalidad a escalas local y global. En este sentido el logro del objetivo relacionado con el agua supone la reducción de la pobreza, la mejora en la alimentación y la salud de la población, la asistencia regular de los niños a las escuelas, la

reducción de cargas domésticas que afectan principalmente a las mujeres, la productividad laboral, la reducción de la desigualdad social, la sostenibilidad de las ciudades, así como al cuidado de los ecosistemas acuáticos marinos e incluso terrestres (UNESCO, 2018).

Finalmente, una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos incide en el acceso al agua de calidad. De lo anterior se deriva, entonces, que un acceso al agua en cantidad y calidad para todos los sectores de la sociedad sólo puede lograrse adoptando un enfoque integrado y multidimensional.

### 3. TALLER EN ARGENTINA

El 19 de octubre de 2017 se realizó en la ciudad de Buenos Aires un Taller, organizado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) y el Foro Argentino del Agua (FADA), con la asistencia de AySA (Agua y Saneamiento SA), con el objeto de evaluar el indicador 6.5.1. “Grado de implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos”.

Del Taller participaron más de 60 profesionales de diferentes disciplinas que trabajan en organismos estatales y privados relacionados con la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

En ese contexto, en el Taller se analizaron diversos aspectos que fueron tratados como Secciones, a saber: Sección 1: Entorno propicio, Sección 2: Instituciones y participación, Sección 3: Instrumentos de gestión, y Sección 4: Financiamiento.

Cada una de las Secciones constaba de preguntas relacionadas, con un puntaje de 0 a 100. Una vez contestados todos los ítems, se obtiene un puntaje promedio, tal como se especifica en <http://iwrmdataportal.unepdhi.org/iwrmmonitoring.html> el portal IWRM.

### 4. RESULTADOS

Uno de los retos más importantes en torno al Entorno propicio es convertir los Principios Rectores de Política Hídrica (PRPH, 2000) en una ley marco nacional.

Los PRPH brindan lineamientos que permiten integrar aspectos técnicos, sociales, económicos, legales, institucionales y ambientales del agua en una gestión moderna de los recursos hídricos <http://www.cohife.org/s60/principios-rectores-de-politica-hidrica>.

En cuanto a las Instituciones y participación, uno de los principales desafíos es propiciar la participación pública sistemática y sostenida en las provincias, adoptando los arreglos institucionales propicios, así como mejorar las organizaciones provinciales y a nivel de cuencas, aprovechando las lecciones aprendidas en las instituciones más avanzadas.

Con respecto a los Instrumentos de gestión, los principales desafíos serían mejorar la gestión de ecosistemas relacionados con el agua a nivel nacional, aunando esfuerzos con las provincias a través del COFEMA (Consejo Federal del Medio Ambiente), impulsando desde Nación una coordinación efectiva con las provincias para superar la carencia de planes de gestión de cuencas y acuíferos orientándolos hacia la GIRH.

Se coincidió en que el Financiamiento es el mayor desafío a afrontar en la gestión del agua en todos los niveles, especialmente para poder cumplir con los objetivos propuestos en los PRPH.

Si bien el Fondo Hídrico permite realizar una gran cantidad de obras de infraestructura, las consecuencias del cambio climático y los cambios en el uso de la tierra afectan fuertemente al país y requieren disponibilizar fondos crecientes para reparar los daños causados por las inundaciones y adoptar las medidas de adaptación.

Merece destacarse el avance efectuado en el Plan Nacional del Agua, cuando establece la cooperación público - privada para financiar la ejecución y la operación de algunas obras del sector.

Aún cuando el valor del indicador obtenido no es lo deseable, se reconocen; en Argentina, buenos intentos de hacer GIRH, como el COIRCO (Comité Interjurisdiccional del Río Colorado) y la AIC (Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro).

De igual manera, la incorporación de nuevas organizaciones de cuenca, como ACUMAR (Autoridad de Cuenca del Matanza-Riachuelo) afrontan el desafío de implementar una gestión integrada de su cuenca desde su creación.

También puede citarse el marco organizativo para las cuencas de recursos hídricos compartidos con los países vecinos, que se inició en 1969 con la instauración del CIC Plata (Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata).

## 5. CONCLUSIONES

Dentro de la nueva Agenda 2030, el ODS 6 es un Objetivo específicamente dedicado al agua y al saneamiento, a fin de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, además del saneamiento para todos. Con el objeto de evaluar el indicador 6.5.1. "Grado de implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos", se realizó en la ciudad de Buenos Aires un Taller, organizado por la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SSRH) y el Foro Argentino del Agua (FADA), con la asistencia de AySA (Agua y Saneamiento SA), del cual participaron más de 60 referentes vinculados a la gestión del agua.

Se presentan en este trabajo los principales aspectos abordados en dicho Taller, que, como resultado, arribó a un valor del indicador 6.5.1 para la República Argentina de 38.2, lo que significa una implementación *Media-Baja*.

En el Taller se analizaron diversos aspectos que fueron tratados como Secciones, a saber: Sección 1: *Entorno propicio*, Sección 2: *Instituciones y participación*, Sección 3: *Instrumentos de gestión*, y Sección 4: *Financiamiento*

Dentro de las principales conclusiones, merece destacarse la participación de los diferentes actores en el Taller, creando un ámbito de trabajo amable. Como resultado, se obtuvo la línea de base del ODS 6, respecto de su quinta meta. Se proponen medidas para hacer un seguimiento continuo del Indicador ODS 6.5.1, con el establecimiento de un grupo técnico de apoyo dedicado al seguimiento proactivo del mismo.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://iwrmdataportal.unepdhi.org/iwrmmmonitoring.html>
- <http://www.cohife.org/s60/principios-rectores-de-politica-hidrica>
- "Metas e Indicadores. Listado provisorio de metas e indicadores de seguimiento de ODS en Argentina". 2017. Agenda 2030 ODS.
- *Integrated Water Resources Management in Action. WWAP, DHI Water Policy, PNUMA-DHI Centro para el Agua y el Medio Ambiente. 2009*
- Unesco, 2018. "Calidad del Agua en las Américas Riesgos y Oportunidades. Riesgos y Oportunidades". <https://www.ianas.org/images/books/wb09.pdf>

## SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Ana Maria Antunes Coelho ([acoelho@cdhu.sp.gov.br](mailto:acoelho@cdhu.sp.gov.br)); Antonio Kodi Quitakava ([aquitakava@cdhu.sp.gov.br](mailto:aquitakava@cdhu.sp.gov.br)); Eli Marcio dos Santos ([emsantos@cdhu.sp.gov.br](mailto:emsantos@cdhu.sp.gov.br)); Silvio Vasconcellos ([svasconcellos@cdhu.sp.gov.br](mailto:svasconcellos@cdhu.sp.gov.br)); Tamara Oliveira Marques de Toledo ([ttoledo@cdhu.sp.gov.br](mailto:ttoledo@cdhu.sp.gov.br))

Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo (CDHU) - Brazil

**Palavras chave:** Energia Solar; Sistemas Fotovoltaicos; Habitação de Interesse Social.

*Este trabalho apresenta a avaliação, por meio de uma pesquisa de campo, da utilização de Sistemas Fotovoltaicos como fonte de energia alternativa em Habitações de Interesse Social. Como subsídio, relata o panorama energético brasileiro, abordando a porcentagem utilizada pelas residências no panorama de energia produzida no Brasil, através das séries históricas de consumo.*

*Apresenta o potencial e o crescimento, nos últimos anos, da geração distribuída no Brasil através da Energia Solar Fotovoltaica e as políticas públicas que impulsionaram esse tipo de projeto.*

*Os Resultados da pesquisa de campo dos dois projetos piloto nas cidades de Elisiário e Pontes Gestal demonstram como o Sistema Proposto pode reduzir o “custo de morar” das famílias menos favorecidas, proporcionando a Sustentabilidade Social através de novas tecnologias.*

### 1. INTRODUÇÃO

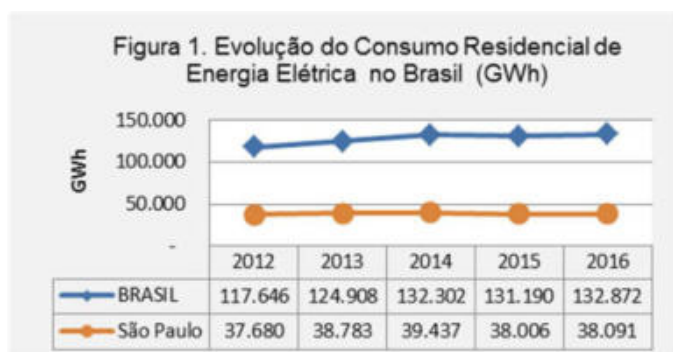
Na constante busca por tornar as construções cada vez mais sustentáveis, fontes renováveis de energia tornam-se necessárias. Neste contexto a geração de energia por sistema fotovoltaico surge como potencial fonte alternativa de energia.

A Energia Elétrica tem sido a base do desenvolvimento das civilizações, desde seu surgimento, há pouco mais de um século. O Consumo de Energia elétrica no Brasil, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) teve um crescimento de aproximadamente 30% na década de noventa, que culminou com o apagão no ano “2000”. Este fato gerou medidas de contenção de consumo e também a consciência da necessidade de buscar soluções tecnológicas sustentáveis para a crescente demanda energética.

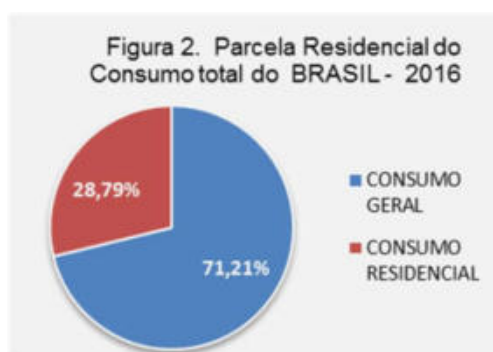
Segundo relatos de Palz (2002), as nações industrializadas começam a ter consciência da necessidade de recursos energéticos com baixa poluição, além de estarem ameaçadas por uma crescente dependência da energia importada e da limitação dos recursos energéticos convencionais.

Até o ano 2000, a participação do consumo residencial no consumo nacional era em torno de 33%, essa porcentagem decresceu nos últimos anos, possivelmente como resultado das medidas de contenção implementadas. A **Figura 1.** apresenta a evolução de consumo nos últimos anos no Brasil. Segundo a ANEEL, em 2003 o consumo residencial representava 26,4% do consumo nacional e em 2016 a parcela residencial representava 28,79% do consumo nacional, como apresentado na **Figura 2.**





Fonte: ANEEL, 2017



Fonte: ANEEL, 2017

A Adoção de fontes de energia alternativa, além de representar um avanço nas ações de proteção ao meio ambiente, representa para as famílias de baixa renda uma redução nos gastos de manutenção de suas residências. A energia convertida dos sistemas fotovoltaicos proporciona vantagens que demonstram a sua viabilidade de implantação, apesar de ter um custo inicial elevado, seus componentes necessitam de mínima manutenção. Além de tratar-se de uma energia não poluidora.

Em maio de 2018, o Brasil atingiu a marca de 250 megawatts de potência instalada em sistemas de microgeração e minigeração de energia solar fotovoltaica, um crescimento de mais de 315% em relação a 2016. A Instalação de Sistemas Fotovoltaicos deverá ser democrática e não apenas atender as classes mais favorecidas. Dessa forma esse trabalho visa propor a utilização de Sistemas Fotovoltaicos para Habitações de Interesse Social de forma a manter a sustentabilidade Social de Empreendimentos produzidos pelo Estado de São Paulo para populações de Baixa Renda.

## 2. OBJETIVO

O Objetivo desse trabalho é avaliar os resultados do emprego de Sistemas Fotovoltaicos em Habitações de Interesse Social, como forma de redução do consumo de energia fornecida pelas concessionárias e propor um modelo de Utilização do Sistema Fotovoltaico que possibilite o acesso a população de baixa renda à essa tecnologia diferenciada, contribuindo também para a preservação do meio ambiente, através da utilização de energias limpas.

Resumindo podemos classificar o objetivo em três frentes:

- a. Social: visando melhorar a qualidade de vida dos moradores, diminuindo seus gastos com contas de consumo mensais do Imóvel subsidiado pela CDHU.
- b. Financeiro: Reduzindo possíveis inadimplências tanto dos moradores com as concessionárias de energia quanto com a CDHU. Acredita-se também que esse projeto será de Grande Relevância, pois com a implantação do Sistema Fotovoltaico em larga escala nas HIS (Habitações de Interesse Social) existe um grande potencial de mudança de mercado, que proporcionará uma redução do valor dos produtos, possibilitando o maior crescimento desse mercado.
- c. Ambiental: Incentivo ao uso de energias "limpas" e renováveis que possibilita a redução de CO<sup>2</sup> associado.

## 3. ANTECEDENTES DO PROJETO

### 3.1. Políticas Públicas que impulsionaram o projeto

A diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou, em 24/11/2015, aprimoramentos na Resolução Normativa nº 482/2012 que criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, permitindo que o consumidor instale pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos) em sua unidade consumidora e troque

energia com a distribuidora local com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica.

A modernização da resolução se insere nas medidas coordenadas pelo Governo Federal para que cada vez mais brasileiros gerem sua energia. Além da alteração da resolução, o Ministério de Minas e Energia (MME) também estimulou a mudança na tributação da energia produzida.

Segundo as novas regras da resolução, que começaram a valer a partir de 1º de março de 2016, foi permitido o uso de qualquer fonte renovável para a microgeração (central geradora com potência instalada até 75 quilowatts) e mini geração distribuída (central geradora com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW - sendo 3 MW para a fonte hídrica).

De acordo com a resolução, quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”.

Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.

A Aneel criou ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

Com relação aos procedimentos necessários para se conectar a micro ou minigeração distribuída à rede da distribuidora, a Aneel estabeleceu regras que simplificam o processo: foram instituídos formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor.

O prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias. Adicionalmente, a partir de janeiro de 2017, os consumidores poderão fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet. (Fonte: Portal Brasil com informações do Ministério de Minas e Energia,2017)

### **3.2. Mudanças que viabilizaram a implantação do projeto**

Quando a CDHU iniciou os estudos do Sistema Fotovoltaico só era possível implantação de Geradores de Sistemas com Potência maior instalada. No Brasil, os menores inversores comercializados, precisavam de pelo menos cinco módulos fotovoltaicos associados a eles.

Os micro-inversores só foram homologados pelo INMETRO mais recentemente, em meados de 2016, o que propiciou a instalação de Sistemas Fotovoltaicos com menor Potência, como o que a CDHU está utilizando em suas tipologias isoladas (0,5 kWp).

O convênio firmado entre o Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) e o Estado de São Paulo autorizando os governos estaduais a isentarem o ICMS sobre a energia injetada na rede e compensada na microgeração e minigeração distribuída, também foi fator determinante para viabilização da implantação dos Projetos Fotovoltaicos.

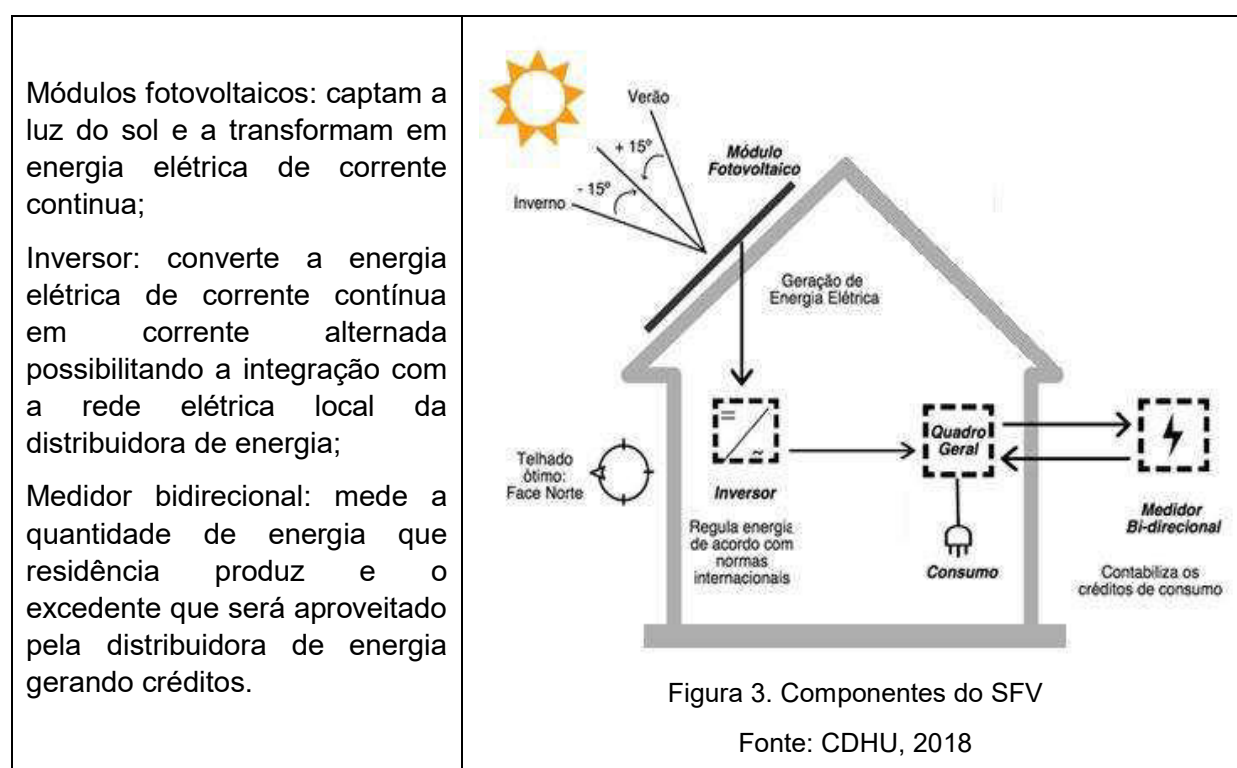
#### 4. PRINCÍPIOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Energia Elétrica solar ou energia fotovoltaica é a conversão da luz do Sol em eletricidade. A energia gerada pode ser aproveitada para abastecer toda a necessidade de consumo de uma residência propiciando grande redução na conta de energia.

O processo de conversão da energia solar utiliza células fotovoltaicas (normalmente feitas de silício ou outro material semicondutor). Quando a luz solar incide sobre uma célula fotovoltaica, os elétrons do material semicondutor são postos em movimento, desta forma gerando eletricidade.

Os painéis solares captam a luz solar através de células fotovoltaicas e a transformam em energia elétrica de corrente contínua. Em seguida o inversor converte a energia contínua para corrente alternada que é o formato utilizado nas tomadas.

São três os principais componentes a serem instalados no Sistema Fotovoltaico, como apresenta **Figura 3**.



A energia excedente que o sistema produz é direcionada para a concessionária de energia gerando créditos para serem utilizados durante a noite. Os créditos podem ser utilizados em até 60 meses e são aqueles que a vida útil do sistema é de no mínimo 25 anos.

#### 5. METODOLOGIA

Para avaliar o funcionamento dos Sistemas Fotovoltaicos em habitações de interesse social foram implantados projetos Piloto com poucas unidades (22 casas). Um convênio firmado entre a Secretaria da Habitação e a Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo uniu forças com as Concessionárias de Energia e a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica possibilitando que a instalação desses projetos Piloto não tivessem investimento dos moradores.

Foi elaborada uma pesquisa de campo que constou de um questionário padronizado, aplicado às famílias que receberam o Sistema Fotovoltaico em suas residências. O objetivo desse questionário foi de caracterizar as famílias, identificando sua composição, hábitos,

consumo de energia elétrica, posse de equipamentos elétricos e variação dos números de pessoas na residência durante o mês e o ano.

O histórico do consumo de energia das famílias foi levantando no período de um ano antes da instalação do Sistema Fotovoltaico para que pudesse ser analisado um comparativo mês a mês após a sua instalação. Os dados levantados foram tabulados elaborando comparativos do consumo de energia elétrica das famílias antes e depois da instalação dos Sistemas de Geração Fotovoltaicos.

O Impacto dessa instalação representará uma significativa mudança de mercado, tornando a instalação de Sistemas Fotovoltaicos mais acessíveis a diversas classes sociais e sendo um grande incentivo a Geração Distribuída em todo o Estado de São Paulo e todo o Brasil.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Empreendimentos Pontes Gestal

Na Cidade de Pontes Gestal foram instalados 14 sistemas de microgeração distribuída de 1,0 kWp com 4 módulos fotovoltaicos de 255W. Os Sistemas foram patrocinados pela Concessionária de Energia da região – ELEKTRO – através do seu programa de Eficiência Energética. A responsável pela Instalação foi a empresa EBES.

O Início da Geração de energia ocorreu em fevereiro de 2017 e mensalmente os sistemas foram monitorados através das contas de energia Geradas pela ELEKTRO e pagas pelos moradores. Além do monitoramento da quantidade de kWh gerado pelo sistema através da leitura mensal. As lâmpadas das residências também foram substituídas por LED em agosto de 2017, gerando uma maior economia para os moradores.

Os gráficos abaixo apresentam a redução de consumo médio dos 14 sistemas instalados comparando os períodos pré SFV (mar-16 a fev-17) com o período pós SFV (mar-17 a fev-18) tanto em kWh – **Figura 4**. como o resultado em reais – **Figura 5**.

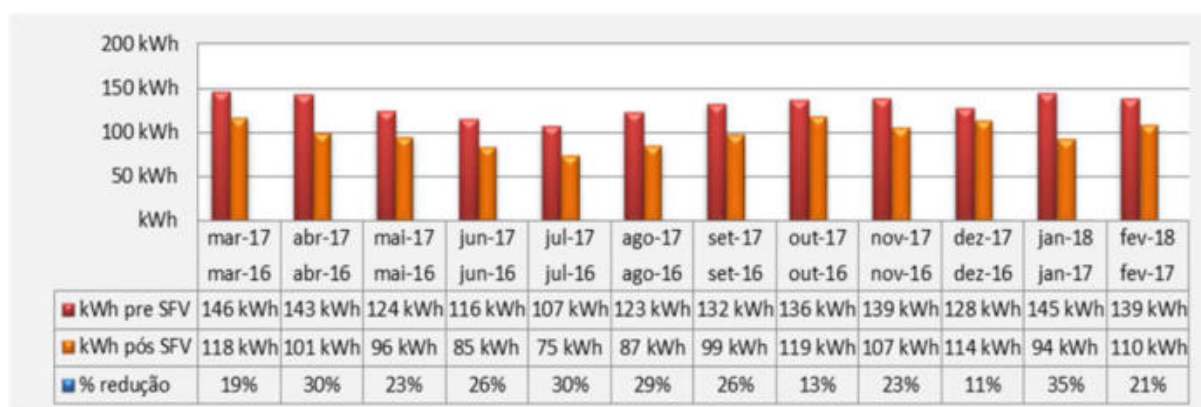


Figura 4. Empreend. Pontes Gestal - Média de Consumo em kWh pré x pós SFV

Fonte: CDHU, 2018

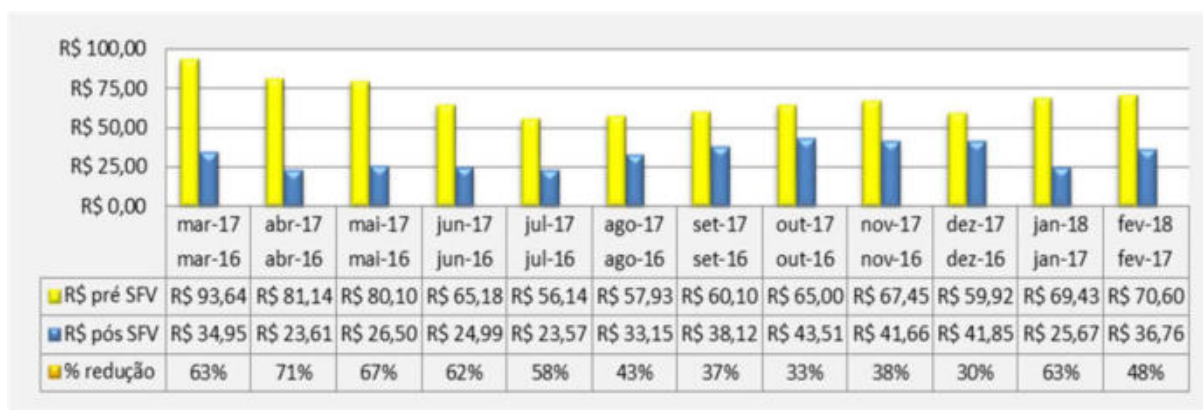


Figura 5. - Empreendimento Pontes Gestal - Média de Consumo em R\$ pré x pós SFV

Fonte: CDHU, 2018

## 6.2. Empreendimentos Elisiário

Na Cidade de Elisiário foram instalados 8 sistemas de microgeração distribuída de 0,5 kWp com 2 módulos fotovoltaicos de 265W em 6 casa e em duas casas foram instalados módulos de 330W. Os Sistemas foram patrocinados por associados da ABSOLAR (Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica).

A responsável pela instalação foi a empresa Dinâmica, que forneceu também um sistema de monitoramento online da geração dos módulos em 2 casas, uma com módulo de 265W e outra com módulo de 330W.

O Início da Geração de energia ocorreu em março de 2017 e mensalmente os sistemas foram monitorados através das contas de energia Geradas pela ENEGISA e pagas pelos moradores. Além do monitoramento da quantidade de kWh gerado pelo sistema online.

Os gráficos abaixo apresentam a redução de consumo, por morador, comparando os períodos pré SFV (abr-16 a fev-17) com o período pós SFV (abr-17 a fev-18) tanto em kWh – **Figura 6.** como o resultado em reais – **Figura 7.**



Figura 6. - Empreendimento Elisiário – Consumo por morador em kWh pré x pós SFV

Fonte: CDHU, 2018



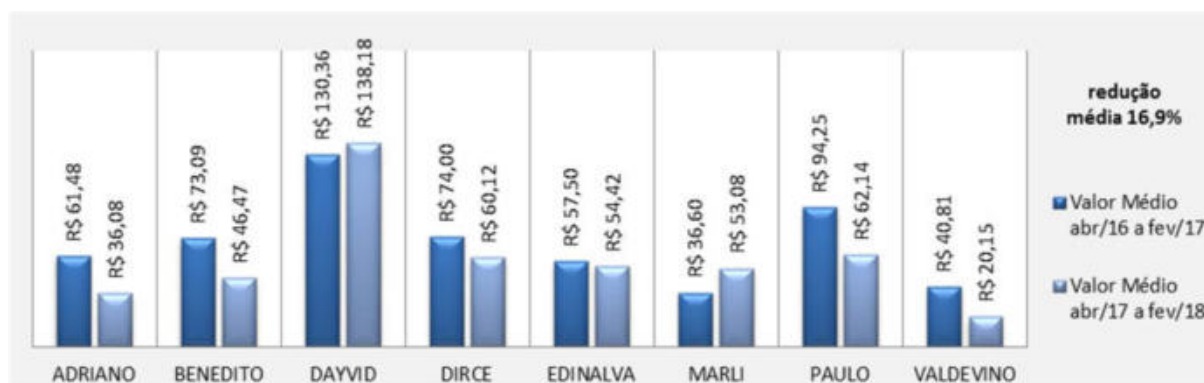


Figura 7. - Empreendimento Elisiário – Consumo por morador em R\$ pré x pós SFV

Fonte: CDHU, 2018

## 7. CONFIGURAÇÃO DE MODELO A SER MULTIPLICADO

Após analisar os Projetos Pilotos e avaliando também o consumo médio de Energia dos moradores de Habitações de Interesse Social em casas isoladas no Estado de São Paulo, chegou-se a conclusão que o consumo médio das residências é de 140 kWh/ mês.

Como resultado dos estudos realizados nos dois projetos pilotos implantados chegou-se a conclusão de que a melhor configuração de Sistemas Fotovoltaico para novas residências Unifamiliares a serem construídas seria a instalação de dois módulos fotovoltaicos de 320Wp para cada residência, o que geraria em média 80kWh/ mês. A solução adotada é um meio termo entre os dois pilotos, pois no caso do Empreendimento de Pontes Gestal várias famílias estão pagando a tarifa mínima, porém estão gerando uma grande quantidade de crédito que provavelmente não conseguirão utilizar. Já no Projeto Piloto de Elisiário são poucas as famílias que conseguiram atingir a tarifa mínima com a geração implantada.

Com essas análises foi determinado um modelo de Gerador de 0,64 kWp que gerará em média 80kWh/ mês e é composto por 2 módulos fotovoltaicos, Homologados pelo INMETRO, Classe A, com potência máxima de 320Wp, de tecnologia de Silício Policristalino, com dimensões de 1954 x 982 x 40mm (comprimento x largura x altura) e peso de 22 Kg; um micro-inversor de corrente elétrica de fabricante homologado pelo INMETRO, modelo de 500W, 60Hz com rendimento de 96%. Esse micro-inversor pode ligar até 2 módulos fotovoltaicos individualmente. Foi Proposto também a instalação de lâmpadas LED no lugar das lâmpadas incandescentes e fluorescentes, que reduzirão ainda mais o consumo de energia elétrica dos moradores.

- Consumo médio das residências da CDHU	<u>140 kWh/ mês</u>
- Energia gerada pelo sistema fotovoltaico	<u>- 80 kWh/ mês</u>
- Instalação de lâmpadas LED (economia de)	<u>- 10 kWh/ mês</u>
<hr/>	
- Total de kWh a pagar no fim do mês	50 kWh/ mês

Para as instalações bifásicas - 50 kWh é a taxa mínima cobrada das residências pelas concessionárias. Dessa forma o projeto visa proporcionar que os moradores paguem a taxa mínima.

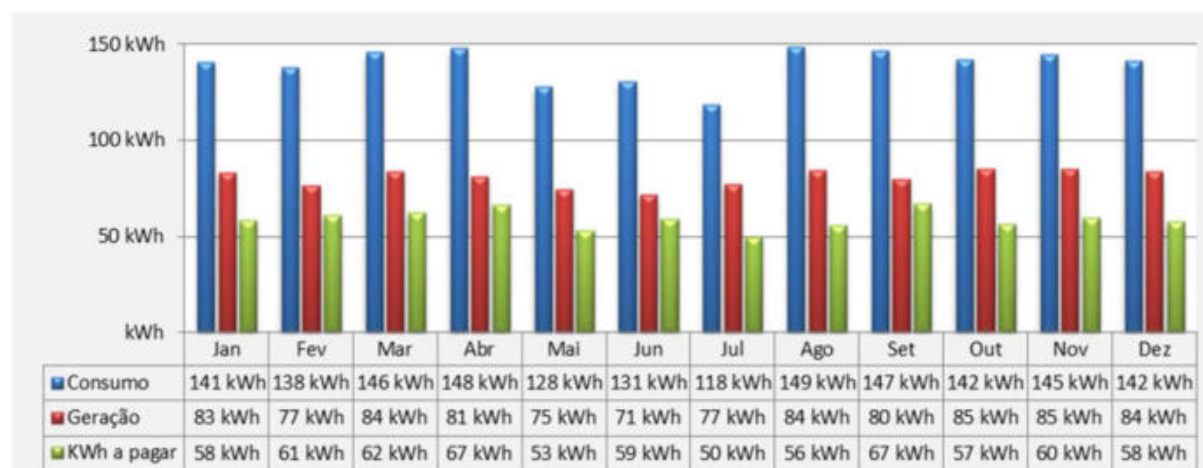


Figura 8. – Estimativa De Geração, Consumo E kWh a Pagar

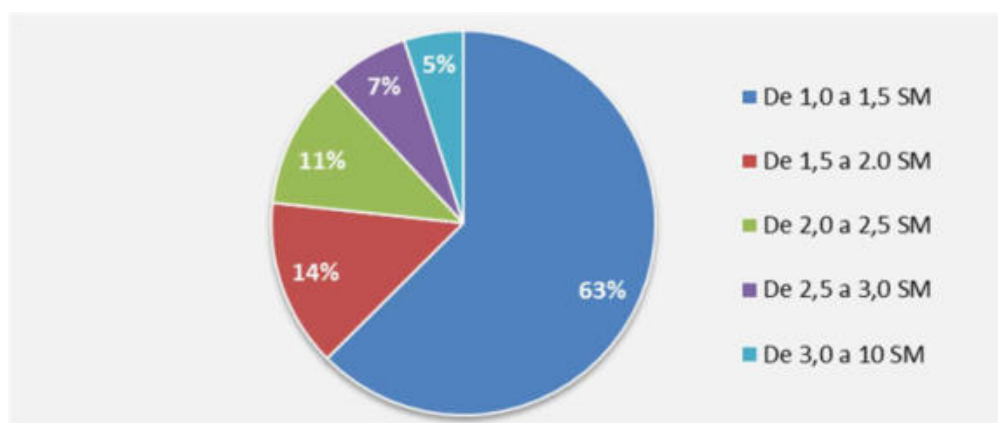
Fonte: CDHU, 2018

O custo da instalação de um Sistema Fotovoltaico como este na Planilha de construção de uma Residência nova da CDHU é por volta de R\$3.800,00 (três mil e oitocentos reais). Esse valor foi incorporado no total da construção da residência, como as Habitações de Interesse Social no Estado de São Paulo são parcialmente subsidiadas pelo governo, o custo de instalação desse sistema não onerará o valor pago pelos moradores na aquisição de uma casa nova, no programa da CDHU. As parcelas de financiamento a serem pagas pelos mutuários continuarão sendo determinada pela renda familiar do mesmo, sem sofrer alteração de valor devido ao benefício do Sistema Fotovoltaico.

## 8. IMPACTO DIRETO NA POPULAÇÃO.

Ao levantarmos a renda média das Habitações de Interesse Social do Estado de São Paulo produzidas pela CDHU temos que 62,6% das famílias têm renda familiar de 1 a 1,5 salário mínimo, veja **Figura 9**.

Figura 9. – Distribuição de Renda Familiar Mutuários CDHU

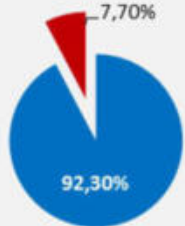


Fonte: CDHU, 2017

Tabela1. – Valor de Conta de Energia média Mutuários % da renda família

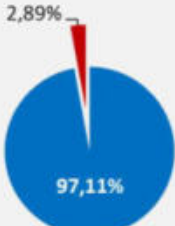
Renda familiar 1 salário mínimo	Valor Conta de energia 140kWh	%	Valor da Conta de Energia 50kWh	%
R\$ 1.108,38	R\$ 82,82	7,47%	R\$ 29,58	2,67%
R\$ 1.108,38	R\$ 87,22	7,87%	R\$ 31,15	2,81%
R\$ 1.108,38	R\$ 92,51	8,35%	R\$ 33,04	2,98%



**BANDEIRA VERMELHA SEM SFV**

- Renda familiar 1 salário mínimo
- Valor Conta de energia 140kWh



**BANDEIRA VERMELHA COM SFV**

- Renda familiar 1 salário mínimo
- Valor da Conta de Energia 50kWh

Para as famílias que tem a renda igual a um salário mínimo a conta de energia com a tarifa atual na Bandeira vermelha, quando consome 140kWh representa 7,7% do total da sua renda. Quando o consumo de 140kWh passa para 50kWh, o valor da sua conta de luz passa a representar apenas 2,89% do total da renda. Dessa forma fica claro que com o benefício do Sistema Fotovoltaico instalado nas Habitações de Interesse Social a parcela da renda familiar comprometida com ao custo da Energia Elétrica reduzirá bastante.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- ALDABÓ, R. *Energia Solar*. São Paulo: Artliber Editora, 2001. 155p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil Brasília: Editora TDA, 201*.
- *Balço Energético Nacional - BEN - Ano base 2016*. Ministério de Minas e Energia. Brasília. 2017.
- BEZERRA, A.M. *Aplicações práticas da energia solar*. São Paulo: Editora Nobel, 2003. 134p. Editora Universitária, 1998. 243p.
- PALZ, W. *Energia solar e fontes alternativas*. Curitiba: Editora Hemus, 2010. 358p.
- CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS – CIIAGRO. *Monitoramento climatológico*. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br> Acesso em: 20 jul. 2018.

## AGRICULTURA URBANA E OS PLANOS DIRETORES: UMA ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS DA RMPA

Guilherme Cipriano Michels ([guilhermecmichels@gmail.com](mailto:guilhermecmichels@gmail.com)); Ana Paula Utzig ([utzig.ana@gmail.com](mailto:utzig.ana@gmail.com)); Márcia Azevedo de Lima ([malima@unisinos.br](mailto:malima@unisinos.br)); Patrícia de Freitas Nerbas ([fnerbas@unisinos.br](mailto:fnerbas@unisinos.br))

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) - Brazil

**Palavras chave:** agricultura urbana, planos diretores, Região Metropolitana de Porto Alegre

*Este artigo tem como objetivo destacar a importância da agricultura urbana para a qualidade do ambiente urbano, produção de alimentos saudáveis e geração de renda, bem como verificar a consideração de tal relevância nas diretrizes contidas nos planos diretores dos municípios pertencentes à Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA). Para atingir os objetivos, foi realizada, inicialmente, revisão bibliográfica sobre agricultura urbana, modalidades de hortas urbanas e experiências existentes no mundo e no Brasil. Após, foi definido como recorte de análise os municípios da RMPA e, assim, foi investigado se o texto dos planos diretores destes municípios mencionava alguma diretriz para fomentar, incentivar e viabilizar a agricultura urbana, pois este tema é um dos caminhos na direção da sustentabilidade para as cidades. Foi constatado que a maioria dos municípios (76,5% - 26 dos 34) da Região Metropolitana de Porto Alegre não possuem diretrizes de desenvolvimento sustentável abordando agricultura urbana em seus planos diretores, o que pode justificar a falta de iniciativas nesse sentido. Assim, apenas 8 (23,5%) dos 34 municípios analisados abordam a temática, ainda que de forma pouco aprofundada. Também foi constatado que os municípios de pequeno porte (16,0% - 4 de 25) apresentam um percentual de municípios com planos diretores que contemplem o tema menor do que os municípios de médio porte (50,0% - 4 de 8). O único município de grande porte, Porto Alegre, não possui diretrizes sobre o tema no plano diretor. Concluindo, o artigo destaca a importância da regulamentação da agricultura urbana pelo poder público, nos planos diretores municipais, para fomentar, incentivar e viabilizar as hortas urbanas e periurbanas, o que poderia contribuir para cidades sustentáveis mais saudáveis.*

### 1. INTRODUÇÃO

A demanda por soluções que mitiguem os impactos do ambiente urbano vem gerando uma série de novas abordagens sobre a forma das cidades. Assim, identificar estratégias que promovam a inserção de requisitos de sustentabilidade nas cidades é um dos caminhos para criar soluções de transição em direção à resiliência urbana. Conforme ONU (2015), as estratégias resilientes buscam compreender a interdependência entre os sistemas urbanos e os naturais e são soluções importantes no contexto da sustentabilidade das cidades. Nesse sentido, a agricultura urbana pode ser estratégia fundamental neste processo de transformação, necessário à qualidade ambiental dos sistemas urbanos. Autores (por exemplo, NEWMAN e KENWORTHY, 1999; COMELLI, 2015; GIOBELLINA, 2015) têm defendido que intervenções apoiadas em conceitos que priorizem a adequação, implantação e conservação das condições ambientais e de produção de alimentos em áreas urbanas devem ser praticadas. Ainda, argumentam que as áreas verdes devidamente planejadas, de acordo com critérios específicos e com a adequada inserção no tecido urbano, podem contribuir para um desenvolvimento mais sustentável, em todas as suas dimensões. Dentre as possibilidades de áreas verdes para as cidades, podemos destacar a agricultura urbana como um componente essencial para melhorar a qualidade de vida nos centros urbanos (COMELLI, 2015).

A agricultura urbana estabelece a prática agrícola na cidade (MOUGEOT, 2000). Entretanto, segundo o autor, não é apenas a localização que diferencia a produção de alimentos na cidade em relação à produção de alimentos no campo, mas o fato de que ela está inserida e integrada no sistema econômico e ecológico urbano (ecossistema). Para além da simples adaptação das práticas de cultivo, existem novos conhecimentos associados; tecnologias agregadas e um novo sentido dado à produção de alimentos saudáveis, que passa a fazer parte da vida das pessoas que produzem nas cidades. Em complemento, Soares (2001) argumenta sobre a importância da agricultura urbana e destaca algumas funções-chave, tais como contribuição à segurança alimentar; função ambiental, função econômica e função social. Ressalta-se, assim, vários benefícios dos espaços de cultivo para a cidade, por exemplo, diminuição das ilhas de calor, melhora da qualidade do ar, reaproveitamento de resíduos orgânicos e águas da chuva, promoção de uma maior biodiversidade, disponibilidade de alimentos seguros e locais, além de oportunidade de geração de renda, organização comunitária e convivência entre usuários e vizinhos.

Portanto, partindo do pressuposto da importância para a qualidade do ambiente urbano, produção de alimentos saudáveis e geração de renda, destaca-se que a agricultura urbana deve ser objeto de tema dos instrumentos que regulam e organizam as cidades. As diretrizes urbanísticas de uma cidade podem ser o passo anterior à materialização dos ambientes construídos urbanos. Assim, a avaliação destes instrumentos é fundamental para fornecer subsídios para o desenvolvimento de espaços que atendam adequadamente às necessidades humanas (VILLAÇA, 1999). Os planos diretores têm sido objeto de pesquisa em diversas áreas do conhecimento e historicamente as legislações urbanísticas que tratam da conformação física das cidades parecem não ter considerado o espaço urbano em suas relações mais profundas, tornando-se ineficientes por não avaliar os valores culturais e comportamentais da cidade (ROVATTI, 1990).

O plano diretor é um dos principais instrumentos que regulam os espaços da cidade, pois a partir de um diagnóstico da realidade física, social, econômica, política e administrativa, o plano apresenta um conjunto de propostas para o desenvolvimento socioeconômico e organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura urbana, propostas estas definidas para curto, médio e longo prazo (VILLAÇA, 1999). Sendo assim, os espaços destinados à agricultura urbana devem ter sua criação, incentivo e manutenção garantida nos planos diretores, visto que estes instrumentos de regulação do solo são elaborados tendo como premissa a participação da população.

Contudo, tem sido inexistente ou bastante limitada as experiências com agricultura urbana nas cidades da Região Metropolitana de Porto Alegre, não ficando claro se as razões para tal estão ou não nas diretrizes urbanísticas contidas nos planos diretores. Dada a importância da agricultura urbana para a qualidade ambiental das cidades, produção de alimentos saudáveis e geração de renda, e considerando que os planos diretores são os instrumentos de organização das cidades, este artigo tem como objetivo destacar a importância da agricultura urbana e verificar a consideração de tal relevância nas diretrizes contidas nos planos diretores dos municípios pertencentes à Região Metropolitana de Porto Alegre.

### **1.1. Agricultura urbana, modalidades de hortas urbanas e experiências**

Conforme publicação da FAO (Food and Agriculture Organization) - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (2007), devido ao grande crescimento dos centros urbanos nos últimos anos, a produção de alimentos tem recebido cada vez mais atenção, tanto dentro das cidades (agricultura urbana - AU), como em sua periferia (agricultura periurbana - APU). A agricultura urbana, segundo FAO (2001), produz, processa e comercializa alimentos, em resposta à demanda diária dos consumidores, dentro de uma



cidade ou metrópole. Esta se utiliza da terra e água dispersas pela área urbana, com aplicação de métodos de produção intensiva, com a utilização e reutilização de recursos naturais e dos resíduos urbanos, para produzir uma diversidade de culturas dentro dos limites da cidade. Entretanto, cabe destacar que a terra em áreas urbanas geralmente está sob pressão constante para construção, resultando em cada vez menos disponibilidade, o que acaba empurrando a produção agrícola para a periferia da cidade. Quanto mais distante a produção periurbana está de uma cidade, mais próxima da produção agrícola rural (FAO, 2007).

A agricultura urbana tem sido praticada por meio do cultivo de hortas, assim, as hortas urbanas constituem uma atividade integrante do que é designado por agricultura urbana (GONÇALVES, 2014). Segundo Comelli (2015), o termo hortas urbanas, tende a ser utilizado para designar um espaço multiuso, não só para produzir alimentos, mas também para disponibilizar espaços de lazer, essenciais para cidades que busquem a sustentabilidade e responsividade às necessidades dos habitantes locais. Gonçalves (2014), argumenta que alguns parâmetros são consenso na literatura sobre hortas urbanas, tais como a reduzida dimensão da área de cultivo, a localização no interior ou na proximidade de espaços urbanos, a natureza - individual ou coletiva - da utilização do terreno cultivado. O autor afirma que as hortas proporcionam, a quem as cultiva, benefícios terapêuticos, uma vez que promovem o relacionamento entre pessoas, ecologia e saúde. A presença de espaços verdes também contribui para o bem-estar, não só físico, mas também mental, da população. Para além dos aspetos positivos enumerados, as hortas urbanas constituem uma atividade enriquecedora para a biodiversidade e para o equilíbrio ecológico.

Segundo a EMPRABA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009), as hortas podem ser classificadas de acordo com sua dimensão, potencial de cultivo e objetivo de exploração. Assim, podemos destacar as hortas institucionais, comunitárias, domésticas e comerciais, que podem optar por utilizar sistemas de produção convencional e orgânica. As hortas institucionais fazem parte das atividades em instituições públicas e privadas, tais como escolas, hospitais e clínicas de recuperação, penitenciárias e empresas privadas, com o objetivo de produção de alimentos para as pessoas que trabalham no local, aproveitamento dos espaços livres, economia, fins recreativos e socialização. As hortas comunitárias ou coletivas são mantidas por um grupo de pessoas da mesma comunidade, sendo cultivadas coletivamente ou sob supervisão de um responsável, podendo trazer vantagens para as comunidades, tais como desenvolvimento social, segurança alimentar, recreação e lazer, redução da pobreza e renda. Já as hortas domésticas ou caseiras são pequenas parcelas de terra cultivadas em uma propriedade, para consumo próprio familiar; e as hortas comerciais buscam a produção de alimentos para venda, assim gerando um rendimento.

A revisão da literatura (COMELLI, 2015; GOLÇALVES, 2014, entre outros) indica que as hortas urbanas, já existentes há vários anos na Europa, Cuba e Estados Unidos, vem adquirindo destaque no cenário internacional, respondendo ao crescimento da demanda por alimentos mais saudáveis. A partir da década de 80, na América Latina, África e Ásia, as hortas também tomam impulso como uma estratégia de sobrevivência das populações mais pobres atingidas pelas crises econômicas (MAXWELL, 1995; BRYLD, 2003). Já no Brasil, as discussões sobre o tema começaram a ter repercussão na década de 90, com a inserção do tema na agenda SNA - Segurança Alimentar e Nutricional. A partir de então, tiveram início projetos de agricultura urbana, especialmente em regiões metropolitanas. Exemplos disso estão localizados em Curitiba/ PR, Contagem, Governador Valadares e Belo Horizonte/ MG, Presidente Prudente/ SP, entre outros (ver COMELLI, 2015). Cabe salientar que essas experiências positivas de hortas urbanas demonstraram a importância da colaboração entre as autoridades públicas e as organizações da sociedade civil, bem como a importância da existência de regulamentação urbanística para fomentar, incentivar e viabilizar a

implementação das hortas no contexto urbano. Nesse sentido, Castelo e Alcântara (2011) argumentam que a regulamentação dessa atividade pode contribuir para o aumento da área cultivada e dos investimentos por parte dos produtores, o que pode significar a garantia da sobrevivência dos projetos no longo prazo.

Por exemplo, o estudo de Castelo e Alcântara (2011) analisa 80 municípios que possuem hortas urbanas e periurbanas e constata que a regulamentação da atividade foi encontrada em apenas seis. Nos casos de municípios com legislação aprovada, esta atribuía vantagens como redução de impostos para terrenos privados, ou regulamentava a destinação de recursos financeiros e a ocupação de áreas públicas com atividades relacionadas à agricultura urbana. Ainda, conforme FAO (2007), as autoridades municipais podem reservar terras em áreas periurbanas, especificamente para a produção agrícola, enquanto a terra ainda é mais acessível do que as áreas urbanas. Assim, as áreas periurbanas podem se integrar sistematicamente como espaços abertos na cidade à medida que ela cresce. Nesse sentido, essas experiências existentes atestam a importância da regulamentação da agricultura urbana nos planos diretores municipais.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para atingir os objetivos deste artigo, inicialmente foi realizada revisão bibliográfica sobre agricultura urbana, hortas urbanas e experiências no mundo e no Brasil. Após, foi definida como objeto de estudo a Região Metropolitana de Porto Alegre - RMPA, que é formada por 34 municípios (Figura 1 abaixo).



Figura 1. Mapa da Região Metropolitana de Porto Alegre

Para efeito de categorização do porte dos municípios, foi utilizada a definição do IBGE (2016), onde são considerados municípios de pequeno porte os que possuem até 100.000 habitantes, municípios de médio porte os que possuem entre 100.000 e 750.000 habitantes e municípios de grande porte os que possuem mais de 750.000 habitantes. Dessa forma, os municípios ficaram divididos conforme Figura 2 abaixo, sendo 25 (73,5%) municípios de

pequeno porte, 8 (23,5%) municípios de médio porte e apenas Porto Alegre (3,0%) de grande porte.

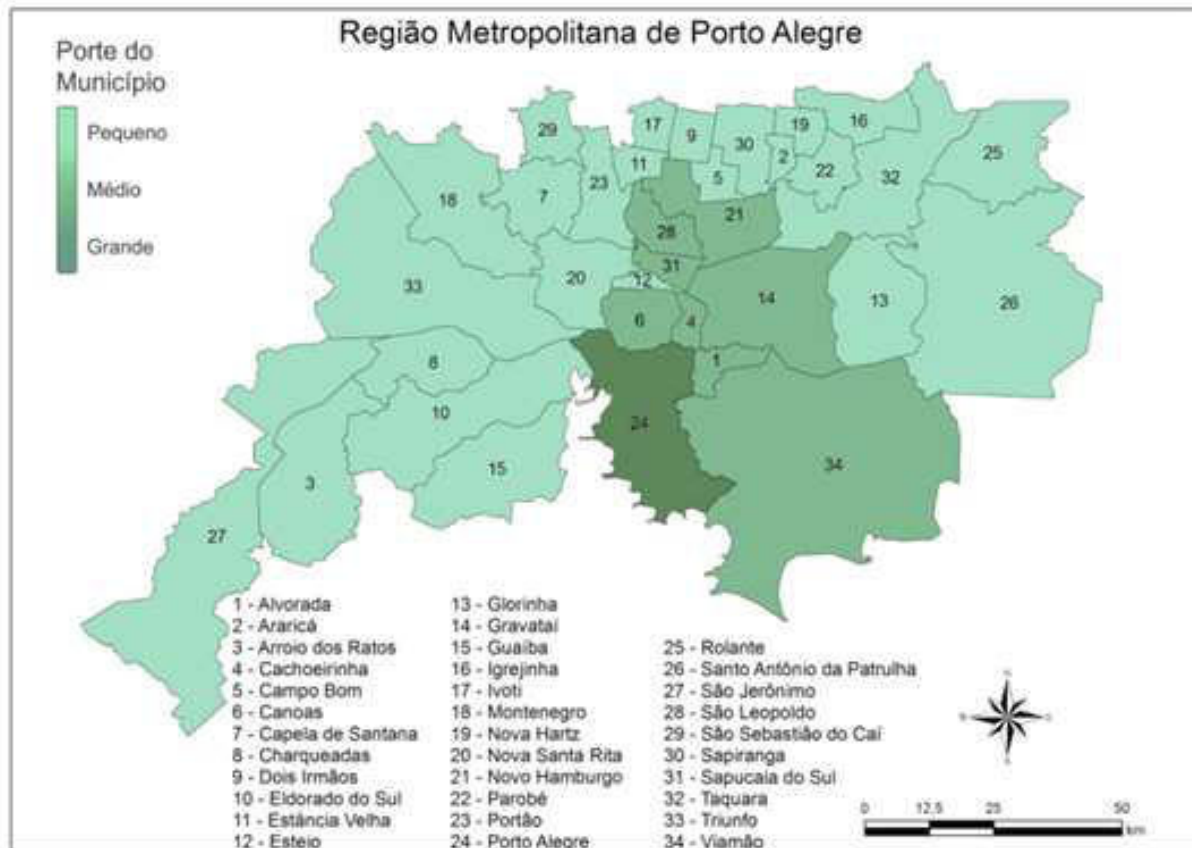


Figura 2. Mapa da RMPA, com indicação do porte dos municípios

Foram analisados os planos diretores destes municípios para verificar a consideração da relevância da agricultura urbana nas diretrizes urbanísticas. Foi verificado se o texto dos planos diretores mencionava alguma diretriz de desenvolvimento sustentável abordando agricultura urbana, pesquisando a citação dos termos: “Agricultura Urbana”, “Horta urbana” ou “Paisagem Produtiva”.

### 3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após análise dos planos diretores dos municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), foi constatado que dos 34 municípios, 8 municípios (23,6%) têm em seus planos diretores algum tipo de abordagem do tema tratado, 23 municípios (67,6%) não possuem nenhum tipo de abordagem e 3 (8,8%) estão com o plano diretor em processo de elaboração (ver Figura 3). É importante destacar que, com o Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001), todos os municípios pertencentes a regiões metropolitanas deveriam ter seus planos diretores aprovados desde 2006.

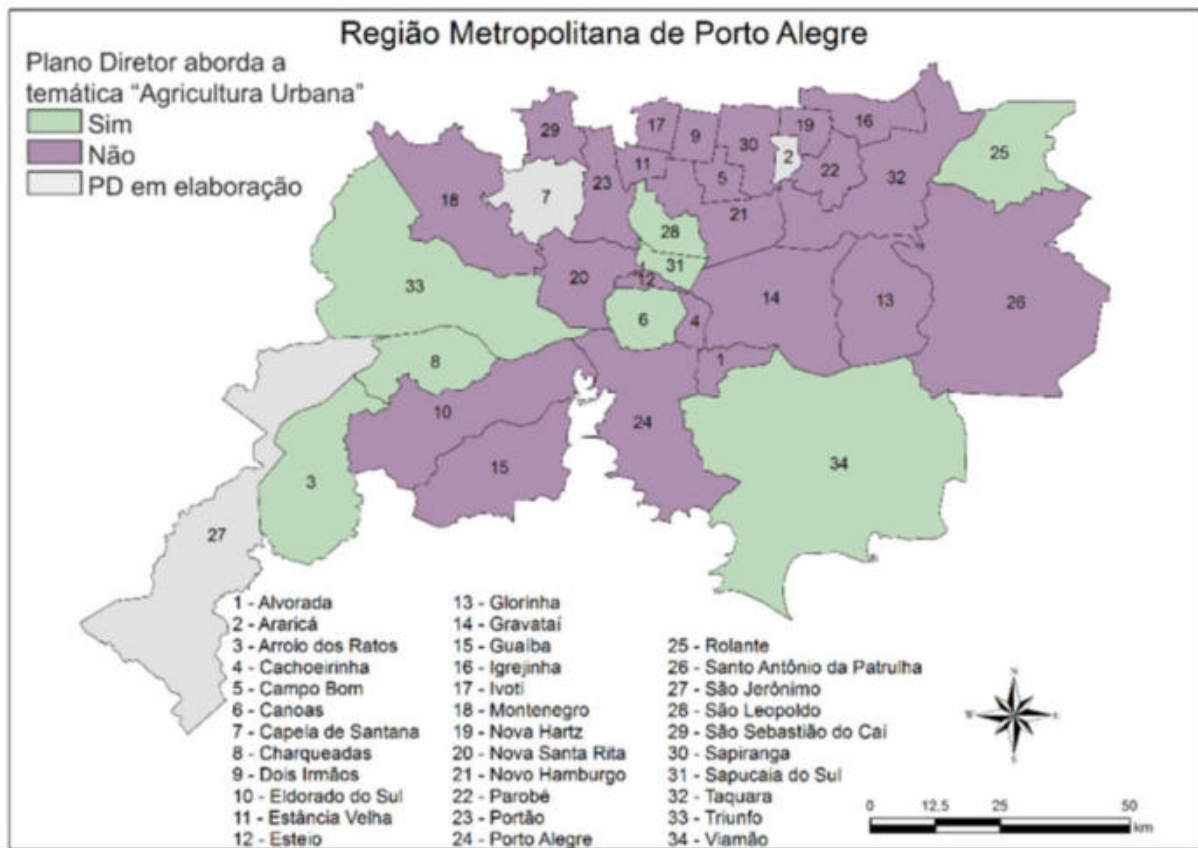


Figura 3. Mapa da RMPA, com indicação dos municípios que possuem planos diretores que abordam a temática agricultura urbana

### 3.1 Análise dos municípios de pequeno porte

Tabela 1. Municípios de pequeno porte

Município	População			Taxa Urbanização	Área	Densidade	Taxa Crescimento	Aborda AU no Plano Diretor
	Urbana	Rural	Total					
Araricá	3.996	868	4.864	82,15%	35,29	137,83	1,89	*
Arroio Dos Ratos	12.956	650	13.606	95,22%	425,93	31,94	0,2	SIM
Campo Bom	57.338	2.736	60.074	95,45%	60,51	992,79	1,07	NÃO
Capela De Santana	6.915	4.697	11.612	59,55%	183,76	63,19	1,47	*
Charqueadas	34.490	830	35.320	97,65%	216,51	163,13	1,66	SIM
Dois Irmãos	27.276	296	27.572	98,93%	65,16	423,17	2,08	NÃO
Eldorado Do Sul	30.800	3.543	34.343	89,68%	509,73	67,38	2,33	NÃO
Estância Velha	41.484	1.090	42.574	97,44%	52,15	816,42	1,94	NÃO
Esteio	80.643	112	80.755	99,86%	27,68	2.917,87	0,09	NÃO
Glorinha	2.067	4.824	6.891	30,00%	323,64	21,29	1,94	NÃO
Guaíba	93.064	2.140	95.204	97,75%	376,95	252,57	0,09	NÃO
Igrejinha	30.190	1.470	31.660	95,36%	135,86	233,03	1,69	NÃO
Ivoti	18.062	1.812	19.874	90,88%	63,15	314,71	2,64	NÃO
Montenegro	53.629	5.786	59.415	90,26%	424,01	140,13	0,91	NÃO
Nova Hartz	15.269	3.077	18.346	83,23%	62,56	293,26	1,99	NÃO
Nova Santa Rita	19.475	3.241	22.716	85,73%	217,87	104,13	3,73	NÃO
Parobé	48.633	2.869	51.502	94,43%	108,65	474,03	1,41	NÃO
Portão	25.276	5.644	30.920	81,75%	159,89	193,38	2,29	NÃO
Rolante	15.310	4.175	19.485	78,57%	295,64	65,91	0,88	SIM
Santo Antônio Da Patrulha	28.114	11.571	39.685	70,84%	1.049,81	37,8	0,69	NÃO
São Jerônimo	17.055	5.079	22.134	77,05%	936,38	23,64	0,88	*
Sapiranga	72.286	2.699	74.985	96,40%	138,31	542,14	0,81	NÃO
Taquara	45.266	9.377	54.643	82,84%	457,86	119,35	0,34	NÃO
Triunfo	16.857	8.936	25.793	65,35%	818,8	31,5	1,53	SIM

Nota: AU = agricultura urbana; \* indica municípios com plano diretor em elaboração.

Conforme Tabela 1 acima, constatou-se que 3 (12,0%) dos 25 municípios de pequeno porte não possuem plano diretor, 18 (72,0%) municípios não possuem diretrizes de desenvolvimento sustentável abordando agricultura urbana e apenas 4 (16,0%) possuem alguma diretriz em seus planos diretores, ainda que não seja específica. Cabe destacar que uma vez estabelecida a diretriz no plano diretor, o tema pode receber regulamentação urbanística específica posteriormente.



Tabela 2. Municípios de pequeno porte e diretrizes do Plano Diretor

Município	Artigo	Temática	Diretriz
Arroio dos Ratos	Art. 84	São diretrizes e ações estratégicas do MEIO AMBIENTE:	XXVII - elaborar programas de criação de horta orgânica junto às escolas e pequenos agricultores em parceria com o poder público, incentivando a aprendizagem do ofício e valorizando a conservação do meio ambiente;
Charqueadas	Art. 38	São ações estratégicas relativas ao ABASTECIMENTO:	IV - apoiar a implantação de hortas comunitárias e domiciliares;
	Art. 45	São diretrizes para o Sistema de DRENAGEM URBANA:	V - definir mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, tais como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa.
Rolante	Art. 20	A Política Municipal de LAZER, ESPORTE E CULTURA têm como objetivos:	VII - Busca por alternativas de renda para grupos sociais criação de associações e cooperativas para o desenvolvimento de atividades ligadas a agricultura e reciclagem.
Triunfo	Art. 64	Ficam definidas como ações prioritárias no manejo das ÁGUAS PLUVIAIS:	I - definir mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa;

Constata-se na Tabela 2 acima, que as diretrizes constantes nos planos diretores municipais são bastante incipientes e dentro de temáticas distintas. Não foi constatada relação da existência de diretrizes sobre agricultura urbana nos planos diretores com a taxa de urbanização, uma vez que Triunfo tem uma das menores taxas de urbanização (65,35%) e Charqueadas tem uma das maiores taxas de urbanização (97,65%). As densidades e taxas de crescimento também são bastante variadas.

Segundo Veiga (2002 apud KUHN, 2014), os municípios brasileiros de pequeno porte, por apresentarem níveis mais baixos de interferência antrópica e, conseqüentemente, maior biodiversidade, desempenham um papel chave para o desenvolvimento sustentável no Brasil. Ainda, sabe-se que estes municípios são os que relatam com mais frequência a ocorrência de impactos ambientais negativos no seu território e por isso representam locais estratégicos para a implementação de ações para o uso sustentável de recursos naturais. Dessa forma, é fundamental a concentração de esforços e recursos financeiros para ações nesse sentido, pois os municípios de pequeno porte apresentam grande potencial para implantação da agricultura urbana.

### 3.2 Análise dos municípios de médio porte

Tabela 3. Municípios de médio porte

Município	População			Taxa Urbanização	Área	Densidade	Taxa Crescimento	Aborda AU no Plano Diretor
	Urbana	Rural	Total					
Alvorada	195.673	0	195.673	100,00%	71,31	2.743,94	0,64	NÃO
Cachoeirinha	118.278	0	118.278	100,00%	44,02	2.687,04	0,95	NÃO
Canoas	323.827	0	323.827	100,00%	131,1	2.470,15	0,56	SIM
Gravataí	243.497	12.163	255.660	95,24%	463,5	551,59	0,95	NÃO
Novo Hamburgo	234.798	4.142	238.940	98,27%	223,82	1.067,55	0,12	NÃO
São Leopoldo	213.238	849	214.087	99,60%	102,74	2.083,82	1,01	SIM
Sapucaia Do Sul	130.469	488	130.957	99,63%	58,31	2.245,91	0,65	SIM
Viamão	224.943	14.441	239.384	93,97%	1.497,02	159,91	0,51	SIM

Nota: AU = agricultura urbana.

Conforme Tabela 2 acima, constatou-se que 4 (50,0%) dos 8 municípios de médio porte não possuem diretrizes de desenvolvimento sustentável abordando agricultura urbana e 4 (50,0%) possuem alguma diretriz em seus planos diretores, ainda que não seja específica, de forma similar aos municípios de pequeno porte.

Tabela 4. Municípios de médio porte e diretrizes do Plano Diretor

Município	Artigo	Temática	Diretriz
Canoas	Art. 42	O Programa de Apoio à PRODUÇÃO RURAL estabelece, dentre outros, os seguintes projetos e ações:	II - Projeto de Incentivos às Hortas Comunitárias;
São Leopoldo		Objetivos Gerais:	XIX - Preservar e incentivar as atividades de produção primária relacionadas à agricultura familiar existentes em áreas urbanas e rurais,
Sapucaia do Sul	Art. 6	Diretrizes:	XVI - Estimular a agricultura orgânica;
Viamão			XXIII - incentivar a constituição e manutenção de organizações coletivistas de trabalho, formalizadas como associações e cooperativas que promovam o fortalecimento e a emancipação dos trabalhadores urbanos e rurais, buscando: f) instituir programa de agricultura urbana,

Constata-se na Tabela 4 acima, que as diretrizes constantes nos planos diretores municipais são bastante incipientes e dentro de temáticas distintas, de forma similar aos municípios de pequeno porte. Destaca-se que, embora Canoas refere-se à produção rural, o município não possui área rural, portanto, as hortas comunitárias são hortas urbanas. Não foi constatada

relação da existência de diretrizes sobre agricultura urbana nos planos diretores com a taxa de urbanização, densidades e taxas de crescimento.

Silva, Silva e Alejandro (2016) argumentam que as cidades de médio porte apresentaram maior crescimento nos últimos anos, sendo polos atrativos de capital, com crescimento exponencial e baixa densidade em algumas zonas que reforçam a necessidade de uma política pública em relação à paisagem produtiva e a globalização econômica. Segundo os autores, o fenômeno urbano mais recente, e interessante, é a atuação das cidades médias e pequenas nas redes urbanas e processos de metropolização e desmetropolização. Entre 2002 a 2007, a população em cidades médias brasileiras cresceu à taxa de 2% ao ano, mais que as taxas das cidades grandes (1,66%) e das cidades pequenas (0,61%). No âmbito populacional, as cidades grandes e pequenas encolheram entre 2000 e 2007, enquanto as médias cresceram. Dessa forma, fica claro que os municípios de médio porte também apresentam grande potencial para implantação da agricultura urbana.

### 3.3. Análise do município de grande porte

Tabela 5. Município de grande porte

Município	População			Taxa Urbanização	Área	Densidade	Taxa Crescimento	Aborda AU no Plano Diretor
	Urbana	Rural	Total					
Porto Alegre	1.409.351	0	1.409.351	100,00%	496,68	2837,53	0,35	NÃO

Nota: AU = agricultura urbana.

Conforme Tabela 5 acima, constatou-se que Porto Alegre, único município de grande porte, não possui diretriz sobre agricultura urbana em seu plano diretor.

Em síntese, considerando todos os municípios da Região Metropolitana de Porto Alegre, constatou-se que a maioria (76,5% - 26 de 34) dos municípios não possuem diretrizes de desenvolvimento sustentável abordando agricultura urbana em seus planos diretores, o que pode justificar a falta de iniciativas nesse sentido. Assim, apenas 8 (23,5%) dos 34 municípios analisados abordam a temática, embora de forma pouco aprofundada. Também foi constatado que os municípios de pequeno porte (16,0% - 4 de 25) apresentam um percentual de municípios com planos diretores que contemplem o tema menor do que os municípios de médio porte (50,0% - 4 de 8).

Tendo em vista que o plano diretor tem um papel fundamental como instrumento técnico-legal definidor dos objetivos de cada município (MEIRELLES, 2003 apud MUNIZ, 2006), deveriam conter diretrizes referentes ao desenvolvimento sustentável do município e à agricultura urbana. Em outras palavras, o plano diretor é o instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana e, assim, acredita-se que com ações de incentivo advindas do poder público, como a inserção da agricultura urbana como diretriz no plano diretor, a temática possa ser abordada com mais propriedade e embasamento, facilitando a implementação e regulamentando a manutenção e gerenciamento. Por outro lado, a ausência do tema em uma lei participativa pode demonstrar a falta de compromisso com o desenvolvimento sustentável, a globalização econômica e a saúde alimentar.

É importante destacar que foi aprovada, em 07 de fevereiro de 2018, a Portaria nº 467, que institui o Programa Nacional de Agricultura Urbana e Periurbana, no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Social, sob a responsabilidade da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. O Plano é constituído por um conjunto de iniciativas que visam: potencializar as ações de segurança alimentar e nutricional; promover a educação ambiental; estimular o reaproveitamento e reciclagem de resíduos orgânicos; estimular o convívio social e as atividades culturais relacionados com a produção agrícola; estimular

hábitos sustentáveis de alimentação; e implantar a produção com fins pedagógicos. Ainda, em 28 de agosto de 2018, foi aprovada a Lei nº 15.222, que institui a política estadual de agricultura urbana e periurbana no estado do Rio Grande do Sul, com a finalidade de promover a produção sustentável de alimentos no meio urbano e periurbano, visando à segurança alimentar e nutricional, inclusão social e produtiva e à melhoria da qualidade de vida das pessoas e famílias. Essa Lei prevê que a implantação da Política Estadual de Agricultura Urbana e Periurbana deve se dar em consonância com as diretrizes estabelecidas pelos municípios em relação ao ordenamento e uso do solo, respeitando o pleno desenvolvimento da função social da cidade e da propriedade urbana. Também prevê que os instrumentos desta Política serão compatibilizados com outros instrumentos consignados nos institutos jurídicos, tributários e financeiros e dos entes federados, especialmente nos planos diretores e nas diretrizes gerais de uso e ocupação do território dos municípios.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Vários autores (por exemplo, COMELLI, 2015) tem destacado que a promoção da agricultura no meio urbano tem contribuído para tornar as cidades mais produtivas e autossuficientes, aliado ao apelo ambiental da atividade e resgatando a comunhão do ser humano com a biodiversidade natural e a agricultura, mesmo em tempo parcial. Ressalta-se vários benefícios dos espaços de cultivo para a cidade, por exemplo, diminuição das ilhas de calor, melhora da qualidade do ar, reaproveitamento de resíduos orgânicos e águas da chuva, promoção de uma maior biodiversidade, disponibilidade de alimentos seguros e locais, além de oportunidade de geração de renda, organização comunitária e convivência entre usuários e vizinhos. Ainda, os resultados positivos podem ser verificados pela redução na importação de alimentos de outras regiões e ocupação de áreas desabitadas e inaproveitáveis.

Ao tratar da gestão do espaço físico através de legislações urbanísticas, especialmente nos planos diretores, é importante reconhecer não apenas as condições atuais da estrutura física da cidade e a evolução das ocupações, mas também deve-se levar em consideração as relações entre tais características ambientais, incluindo a agricultura urbana e o comportamento humano de maneira a qualificar a vida urbana.

Podemos considerar que os Planos Diretores podem ter uma relação direta com o espaço verde construído, bem como desempenhar um importante papel no que se refere à implantação e manutenção da agricultura urbana. Enfatizando a importância da agricultura urbana para a qualidade do ambiente urbano, produção de alimentos saudáveis e geração de renda e confrontando este conhecimento com os Planos Diretores dos municípios da RMPA, conclui-se que as legislações urbanísticas analisadas, de uma forma geral, estão aquém na busca de traçar um caminho para construir ambientes qualificados que sejam adequados para o usuário da cidade.

Entretanto, é possível perceber que o tema agricultura urbana vem ganhando maior importância no cenário nacional (Portaria 467/ 2018) e estadual (Lei 15.222/ 2018), o que indica que os municípios também passarão a tratar do tema com mais profundidade. Dessa forma, este estudo sugere que os municípios devam receber orientação para regulamentação da agricultura urbana, utilizando os instrumentos previstos no Estatuto da Cidade. Concluindo, o artigo destaca a importância da regulamentação da agricultura urbana pelo poder público, nos planos diretores municipais, para fomentar, incentivar e viabilizar as hortas urbanas e periurbanas, o que poderia contribuir para cidades mais inclusivas, saudáveis, resilientes e sustentáveis.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Bryld, E. (2003). *Potentials, problems, and policy implications for urban agriculture in developing countries*. *Agricultural and Human Values* 20: 79-86.
- Castelo, Branco M.; Alcântara F. (2011). *Hortas urbanas e periurbanas: o que nos diz a literatura brasileira?* *Horticultura Brasileira* 29: 421-428.
- Comelli, J.P. (2015). *Agricultura urbana: contribuição para a qualidade ambiental urbana e desenvolvimento sustentável. Estudo de Caso – hortas escolares no município de Feliz/RS*.
- EMBRAPA. (2009). *Hortas: o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília/DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2007). *The urban producer's resource book*. Roma Italy: FAO.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2001). *Urban and periurban agriculture*. Roma Italy: FAO.
- Giobellina, Beatriz. (2015). *Observatorio O-AUPA en Córdoba: perspectivas de la agricultura urbana y peri-urbana em Córdoba/ Beatriz Giobellina y Mario Gustavo Quinteros*. - 1° ed. - Córdoba: Ediciones INTA.
- Gonçalves, R. G. G. (2014). *Hortas Urbanas – Estudo de Caso de Lisboa. Dissertação de mestrado. Engenharia. Instituto Superior de agronomia. Universidade de Lisboa, Portugal*.
- IBGE. (2016). <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualização/livros/liv99700.pdf>.
- KUHN, Eugenia A. (2014). *Metabolismo de um município de pequeno porte: o caso de Feliz/ RS. Tese (Doutorado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Porto Alegre*.
- Maxwell, D. G. (1995). *Alternative food security strategy: a household analysis or urban agriculture in Kampala*. *Food Policy* 23: 411-424.
- Mougeot, L. J. A. (2000). *Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks*. In: Zeeuw, H.; et al. *Growing Cities, Growing Food - Urban Agriculture on the Policy Agenda - A Reader on Urban Agriculture*. Alemanha: Henk de Zeeuw, p. 1-42.
- Muniz, Maria Águeda P. C. (2006). *O Plano Diretor como instrumento de gestão da cidade: o caso da cidade de Fortaleza/CE*.
- Newman, P.; Kenworthy, J. (1999). *Sustainability and Cities –Overcoming Automobile Depend-ence*. Washington: Copyright.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (2015). *Documentos temáticos da Habitat III 15 – Resiliência urbana*. Nova York. Disponível em: [http://habitat3.org/wp-content/uploads/15-Resili%C3%Aancia-Urbana\\_final.pdf](http://habitat3.org/wp-content/uploads/15-Resili%C3%Aancia-Urbana_final.pdf)
- Rovatti, J. (1990). *Contribuição ao Estudo do Planejamento Urbano de Porto Alegre. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro. IPPUR. Rio de Janeiro*.
- Silva, Geovany Jessé Alexandre da; Silva, Samira Elias; Alejandro, Carlos. (2016). *Densidade, dispersão e forma urbana. Dimensões e limites da sustentabilidade habitacional. Arqitextos Vitruvius, São Paulo, ano 16, n. 189.07, fev*.
- Soares, A. C. O. (2001). *A multifuncionalidade da agricultura familiar*. *Revista Proposta*. Rio de Janeiro: FASE. n. 87, p. 40-49, dez-fev.
- Villaça. F. (1999). *Dilemas do Plano Diretor*. In: CEPAM. *O município no século XXI: cenários e perspectivas*. Fundação Prefeito Faria Lima – Cepam. 237 – 247. São Paulo.



[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# USO RACIONAL DE ÁGUA: ANÁLISE DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO EM ESCOLAS PÚBLICAS

*Pablo Serradourada (pablo.santos@adasa.df.gov.br); Daniel Sant'Ana (arq.santana@gmail.com); Samyriam Ramos (samyrian.ramos@adasa.df.gov.br)*

Universidade de Brasília (UnB) - Brazil

Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa) - Brazil

**Palavras chave:** uso racional, equipamento economizador, escola pública.

*A substituição de equipamentos que utilizam muita água (equipamentos convencionais), como torneiras, vasos sanitários, chuveiros, dentre outros, por equipamentos com tecnologia que utilizam pouca água (equipamentos economizadores), são medidas que fazem parte do uso racional de água. No setor público, o uso racional não ocorre como política de Estado, nem como comportamento regular, especialmente na Secretaria de Educação (SEDF), que reúne aproximadamente 600 edificações de ensino e ocupa o primeiro lugar dentre as demais instituições do Governo do Distrito Federal (GDF). A partir de estudo prévio realizado pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa) e a Universidade de Brasília (UnB), foi realizado o levantamento do consumo de água nas escolas do ensino básico (infantil, fundamental I e II e médio), onde, após análise dos usos-finais foi possível o emprego conceitual de equipamentos economizadores para o cálculo do potencial de redução. Esse trabalho objetivou analisar a aplicação teórica desses equipamentos nos modelos representativos das edificações de ensino que resultaram na redução do volume consumido de água.*

## 1. INTRODUÇÃO

O uso racional da água está atrelado à utilização de novas tecnologias, equipamentos e mudanças comportamentais no hábito de consumo de uma população, sendo ferramenta imprescindível na gestão da demanda urbana de água e como medida de resiliência aos eventos que diminuem a oferta hídrica. Em 2017 o nível do maior reservatório de abastecimento de água para a população do Distrito Federal (DF) registrou 5,3 % do seu volume útil (ADASA, 2017).

A queda nos níveis dos principais reservatórios de abastecimento público forçou o Estado a autorizar medidas restritivas ao uso da água como a diminuição da pressão na rede de abastecimento, a instituição de uma tarifa de contingência que punia aqueles que ultrapassassem determinada faixa de consumo e a intermitência no abastecimento de água pelo racionamento. Tais medidas afetaram diversas atividades dos setores privado e público.

O setor público, na contramão de seu papel de ente formulador de políticas públicas e fiscalizador das ações de conservação e uso racional da água, tem se mostrado um grande consumidor de recursos naturais, bens e serviços nas suas atividades meio e finalísticas - seja no âmbito federal, estadual ou municipal.

A gestão da demanda de água ganhou preponderância após o Distrito Federal passar pela experiência do racionamento, uma das medidas adotadas pelo governo distrital com a queda nos níveis dos principais reservatórios de abastecimento em 2016 e 2017.

A prestação do serviço público de ensino no DF, coordenada pela Secretaria de Estado de

Educação (SEDF) possui quase 600 edificações, atendendo em média 700 alunos na Educação Básica, e é a maior consumidora de água dentre os órgãos públicos do DF (GDF, 2017).

Diante da diminuição do nível do maior reservatório do DF e considerando o alto consumo de água na SEDF, é notória a necessidade de adoção de medidas voltadas ao uso racional para evitar desperdícios e usos ineficientes de água. A partir da investigação dos usos-finais da água nas edificações educacionais, é possível propor as tecnologias, equipamentos e estratégias a serem adotadas para reduzir o consumo e consequentemente contribuir para evitar a diminuição no nível do reservatório.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo desse artigo é analisar o potencial de redução no consumo de água pela aplicação conceitual de equipamentos economizadores em modelos representativos de escolas públicas do Distrito Federal.

## 3. METODOLOGIA

Um estudo prévio realizado pela Adasa (2018) fez um levantamento quantitativo e qualitativo para a coleta de dados primários das principais edificações educacionais públicas a fim de compor modelos representativos.

Echenique (1975 apud Serra, 2006), define modelos representativos como uma representação da realidade, compostos por características relevantes da atualidade observada. Segundo o autor, diferentes tipos de modelos podem ser utilizados para avaliar e extrapolar teorias científicas. Neste caso, para estimar o potencial de redução do consumo de água em escolas públicas, o estudo fez modelos baseados nas características edificadas (área construída, área verde e instalações hidráulicas), padrões de ocupação (população fixa e flutuante) e de consumo de água (consumo predial e usos-finais de água).

**Tabela 1.** Amostragem do levantamento quantitativo e qualitativo.

Tipologia Escolar	Universo	Nº de amostras quantitativas	Nº de amostras qualitativas
Centro de Educ. Infantil (CEI) / Jardim de Infância (JI)	46	46	1
Escola Classe (EC)	297	69	1
Centro de Ensino Fundamental (CEF)	154	35	1
Centro Educacional (CED)	62	20	1
Centro de Ensino Médio (CEM)	33	09	1
TOTAL	592	179	5

Fonte: Adasa, 2018.

Com isso, o estudo incorporou abordagens metodológicas quantitativas e qualitativas para coleta de dados primários em edificações de ensino. A primeira abordagem, quantitativa, fez uso de: i) questionários direcionados a gestores para coletar informações relativas às atividades desenvolvidas e padrões de ocupação da edificação (população fixa e população flutuante); ii) sensoriamento remoto para medições das áreas (construída, verde e lote); e iii) dados históricos do consumo predial faturado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), referentes aos anos de 2013 a 2017. Em geral, o levantamento quantitativo obteve uma amostragem aleatória estratificada de 179 edificações de ensino (Tabela 1).

A segunda abordagem, qualitativa, se apropriou de técnicas de vistoria hidráulica para identificar as diferentes configurações hidráulicas das instalações prediais existentes e de auditoria do consumo de água, para caracterizar os usos-finais do consumo de água em descargas sanitárias, lavatórios, chuveiros, pias de cozinha, máquinas de lavar louças, tanques, máquinas de lavar roupas, lavagem de pisos e irrigação. Em geral, o levantamento qualitativo obteve uma amostragem aleatória de 5 edificações de ensino (Tabela 1).

O levantamento qualitativo se dividiu em duas etapas: i) vistoria hidráulica; e ii) auditoria de consumo de água. Na primeira etapa, uma visita técnica era realizada em cada edificação analisada para verificar as condições do sistema hidráulico (detectar eventuais vazamentos e estimar suas perdas) e obter informações referentes à composição hidráulica dos sistemas prediais de água fria. Durante a primeira etapa, tomavam-se as medidas necessárias para organizar a auditoria de consumo de água, quantificando o material necessário para realizar a instalação de data-loggers nos pontos de uso de água (medidores, extensão elétrica, flexíveis, canaletas, adesivos, veda-rosca, etc.), obtendo contas de água, contato de pessoas-chave e traçando um cronograma de instalação/desinstalação dos equipamentos de medição com o proprietário/gestor do estabelecimento analisado (horários diurnos, noturnos ou finais de semana, conforme disponibilidade).

A segunda etapa se apropriou de diferentes técnicas de auditoria de consumo de água, adaptáveis a cada tipo de estabelecimento e situação, realizando medições gerais, medições específicas, utilizando diários de anotações, registros fotográficos, questionários e observações in-loco para caracterizar os usos-finais de água da edificação analisada. Apesar das diferentes técnicas, a base do levantamento qualitativo contou com a instalação de equipamentos de medição data-loggers em pontos de uso para registrar eventos de consumo de água.

Ao final, os dados de usos-finais de água coletados puderam ser transformados em indicadores de uso per capita, em atividades de consumo de pessoas (descargas sanitárias, lavatórios, chuveiros, pias, máquina de lavar roupas, etc.), e em indicadores de uso per área em atividades de limpezas de superfícies, manutenção de jardins, centrais de água gelada e amenidades (lavagem de pisos, limpeza de ambientes internos e fachadas, irrigação de jardins, ar condicionado, piscinas, espelhos d'água, etc).

Informações técnicas dos equipamentos economizadores como a vazão (torneiras e registros) ou fluxo de uso (descargas sanitárias) permitiram identificar o potencial de redução do consumo de água de cada equipamento e, baseado nos dados secundários desse consumo por uso final de água dos modelos representativos foi possível estimar as economias geradas para cada equipamento economizador, conforme Equação 1.

$$E_{uf} = C_{base} - \left[ C_{base} \times \left( \frac{P_r}{100} \right) \right] \quad (1)$$

Fonte: Adasa, 2018.

Onde:

- $E_{uf}$ : economia de água por uso-final ( $m^3$ )
- $C_{base}$ : Consumo-Base ( $m^3$ )
- $P_i$ : potencial de redução (%)

Evidentemente, a somatória das economias de água geradas em cada uso final permite estimar o volume total economizado para cada modelo representativo ( $m^3$ /ano). Ao extrapolar esses valores ao estoque edificado de cada tipo edifício do Distrito Federal, foi possível estimar, dentro de uma certa margem de erro, a redução da demanda urbana de água.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As edificações de ensino foram consideradas em cinco tipologias, selecionadas em função do nível de aprendizado de alunos, desde a educação infantil até o ensino médio, conforme apresentado na Tabela 2. A SEDF conta com tipologias edilícias que traduzem essas etapas escolares, desde a creche até o ensino médio, o que facilita a análise de demanda de água em função de faixas etárias e tipo de edificação. Com isso, foram analisadas as quatro tipologias escolares da SEDF: Escolas Classe (EC), Centros de Ensino Fundamental (CEF), Centros Educacionais (CED), e Centros de Ensino Médio (CEM).

Tabela 2. Tipologia escolar em função da faixa etária e nível de aprendizado.

Tipologia escolar	Nível aprendido	Faixa etária
Centro de Educ. Infantil (CEI) / Jardim de Inf. (JI)	Ensino Infantil	De 0 a 5 anos
Escola Classe (EC)	Ensino Fundamental I	De 06 a 11 anos
Centro de Ensino Fundamental (CEF)	Ensino Fundamental II	De 10 a 15 anos
Centro Educacional (CED)	Ens. Fund. II e Médio	De 10 a 18 anos
Centro de Ensino Médio (CEM)	Ensino Médio	De 14 a 18 anos

Fonte: Adasa, 2018.

As edificações de ensino público do DF possuem características arquitetônicas muito similares, resultado do planejamento urbanístico da cidade. Com isso, foi possível, após colher dados quantitativos, adotar quatro modelos representativos que retratam as edificações do Ensino Infantil, Ensino Fundamental I e II e Ensino Médio.

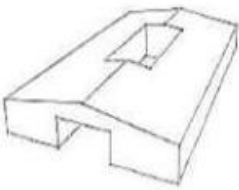
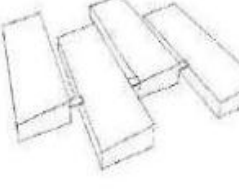

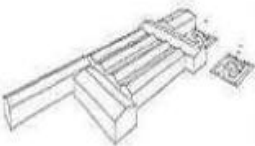
Ensino Infantil (0 a 5 anos)		Ensino Fundamental I (6 a 11 anos)			
	Área Construída	1.587 m <sup>2</sup>		Área Construída	2.190 m <sup>2</sup>
	Área Verde	46 1.383 m <sup>2</sup>		Área Verde	990 m <sup>2</sup>
	Área Cobertura	1.444 m <sup>2</sup>		Área Cobertura	2.051 m <sup>2</sup>
	Nº de Alunos	299 p		Nº de Alunos	421 p
	Nº de Funcionários	120 p		Nº de Funcionários	49 p
	População Total	419 p		População Total	470 p
	Consumo Mensal	138 m <sup>3</sup> /mês		Consumo Mensal	191 m <sup>3</sup> /mês
	Consumo per capita	11 l/p/d		Consumo per capita	13 l/p/d
n=46		n=69			
Ensino Fundamental II (10 a 15 anos)		Centro de Ensino Médio (14 a 18 anos)			
	Área Construída	2.978 m <sup>2</sup>		Área Construída	4.223 m <sup>2</sup>
	Área Verde	1.240 m <sup>2</sup>		Área Verde	3.561 m <sup>2</sup>
	Área Cobertura	2.841 m <sup>2</sup>		Área Cobertura	4.732 m <sup>2</sup>
	Nº de Alunos	770 p		Nº de Alunos	1.545 p
	Nº de Funcionários	71 p		Nº de Funcionários	126 p
	População Total	841 p		População Total	1.671 p
	Consumo Mensal	250 m <sup>3</sup> /mês		Consumo Mensal	357 m <sup>3</sup> /mês
	Consumo per capita	10 l/p/d		Consumo per capita	10 l/p/d
n=35		n=29			

Figura 1: Principais características das edificações de ensino.

O modelo representativo para o Ensino Infantil (JI & CEI) considera 46 edificações que comportam em média uma população entre alunos e adultos de 419 pessoas. Os alunos atendidos estão na faixa etária de 0 a 5 anos.

O consumo anual médio de 1.972 m<sup>3</sup>/ano é resultado da média dos anos de 2013 a 2017 e considera o abastecimento humano e os usos-finais para a edificação. As atividades do ensino infantil demandam a utilização de água para atendimento a bebês e crianças de colo, que requerem o uso de fraldas e banhos, o que explica o uso de água para máquina de lavar roupas e/ou tanque. Com isso, foi possível chegar a um indicador de consumo de 13 l/p/dia (litros por pessoa dia).

O modelo representativo para o Ensino Fundamental I (EC) considera 69 edificações que comportam em média uma população entre alunos e adultos de 470 pessoas. Os alunos atendidos estão na faixa etária de 06 a 10 anos.

O consumo anual médio de 2.292 m<sup>3</sup>/ano, considera o abastecimento humano e os usos-finais para a edificação, por isso a necessidade de se obter os dados relativos à área construída, área verde e área de cobertura. Com isso, foi possível chegar a um indicador de consumo per capita de 14 l/p/dia (litros por pessoa dia).

O modelo representativo para o Ensino Fundamental II (CEF) considera 35 edificações que abrigam em média uma população de 841 pessoas. Os alunos atendidos estão na faixa etária de 11 a 14 anos.

O consumo anual médio de 5.257 m<sup>3</sup>/ano, considera o abastecimento humano e os usos-finais para a edificação, por isso a necessidade de se obter os dados relativos à área construída, área verde e área de cobertura. Com isso, foi possível chegar a um indicador de consumo per capita de 12 l/p/dia (litros por pessoa dia).

O modelo representativo para o Ensino Médio (CED/CEM) considera 20 edificações que abrigam em média uma população de 1621 alunos na faixa etária de 11 a 14 anos (CED) e 15 a 18 anos (CEM).

O consumo anual médio de 4.380 m<sup>3</sup>/ano, considera o abastecimento humano e os usos-finais para a edificação, por isso a necessidade de se obter os dados relativos à área construída, área verde e área de cobertura. Com isso, foi possível chegar a um indicador de consumo per capita de 7 l/p/dia (litros por pessoa dia).



Esse modelo representativo abrange duas faixas etárias de ensino. Em termos das características de uso-final mantém as características básicas para atendimento a um público na fase da pré-adolescência e adolescência.

### Cálculo do potencial de redução do consumo de água.

Para o cálculo do potencial de redução do consumo de água, foram considerados os dados de consumo convencional para cada modelo representativo e aplicado conceitualmente os equipamentos economizadores.

#### Ensino Infantil – JI e CEI.

Utilizando a fórmula da metodologia, observar-se que para cada uso-final corresponde a uma vazão própria do equipamento convencional que utilizado n vezes pelo usuário gera um determinado consumo. Com o emprego conceitual do equipamento economizador foi possível observar que a tecnologia de baixo consumo proporcionou, a partir da vazão própria que o equipamento economizador oferece, uma redução percentual do consumo. A tabela 2 apresenta o resumo dessa aplicação.

Tabela 2. Potencial de redução JI e CEI

EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS			EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES			
Uso-Final de Água	Q <sub>conv</sub>	Consumo conv (l/d)	Tecnologia de baixo consumo	Q <sub>red</sub>	Consumo red (l/d)	P <sub>red</sub> (%)
Descarga Sanitária	9 lpf	1741	Válvula de Descarga Dupla (3 e 6 lpf)	3/6 lpf	696	60
Lavatório	4,2 l/min	929	Torneira Aut. com Restritor de Vazão (1,8 l/min)	1,8 l/min	531	43
Chuveiro	6 l/min	776	Chuveiro Eco (6 l/min)	— l/min	776	0
Bebedouro	1,8 l/min	153	Bebedouro Inox Industrial	— l/min	153	0
Pia de Cozinha (Preparo)	4 l/min	251	Torneira Cozinha Industrial (4,5 e 6 l/min)	— l/min	251	0
Pia de Cozinha (Lav. Utensílios)	6 l/min	84	Máquina de Lavar Utensílios (7 l/c)	7 l/c	28	67
Pia de Cozinha (Lav. Louças)	6 l/min	377	Máq. de Lavar Louças Industrial (177 ml/prato)	3,2 l/c	212	44
Máquina Lavar Roupas	176 l/u	159	Máquina de Lavar Roupas 11kg (70 l/u)	70 l/u	96	40
Tanque	4 l/min	73	Torneira para Tanque com Arejador (6 l/min)	4 l/min	73	0
Lavagem de Pisos	0,5 l/m <sup>2</sup>	722	Lavadora e Secadora de Piso (0,01 l/m <sup>2</sup> )	0,01 l/m <sup>2</sup>	14	98
Irrigação	10 l/min	139	Mangueira Microperfurada para Irrigação (0,3 l/min)	0,3 l/min	135	3
TOTAL		5404			2965	45

Fonte: Adasa, 2018.

É possível observar que para esse modelo representativo o consumo total utilizando equipamentos convencionais foi de 5.404 l/d (litros por dia). Após o emprego conceitual de equipamento economizador, o consumo total foi reduzido para 2.965 l/d (litros por dia), atingindo um percentual médio de 45% de redução.

#### Escola Classe (Ensino Fundamental I) – EC.

Diferentemente do modelo representativo do Ensino Infantil, a característica dessa tipologia não abriga, em regra, a utilização de chuveiros, máquina de lavar roupas e tanques.

Os dados de usos-finais de água quando desagregados observaram o consumo em 08 atividades: i) descarga sanitária, ii) lavatório (pia de banheiro), iii) bebedouro, iv) pia de cozinha (torneira para preparo), v) pia de cozinha (lavagem utensílios), vi) pia de cozinha (lavagem de louças), vii) lavagem de pisos e viii) irrigação.

Cada uso-final corresponde a uma vazão própria do equipamento convencional que utilizado n vezes pelo usuário gera um determinado consumo. Com o emprego conceitual do equipamento economizador foi possível observar que a tecnologia de baixo consumo proporcionou, a partir da vazão própria que o equipamento economizador oferece, uma redução percentual do consumo.

Tabela 3. Potencial de redução EC

EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS			EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES			
Uso-Final de Água	$Q_{conv}$	Consumo $_{conv}$ (l/d)	Tecnologia de baixo consumo	$Q_{red}$	Consumo $_{red}$ (l/d)	$P_{red}$ (%)
Descarga Sanitária	6 lpf	1358	Válvula de Descarga Dupla (3 e 6 lpf)	3/6 lpf	543	60
Lavatório	9 l/min	708	Torneira Automática com Restritor de Vazão (1,8 l/min)	1,8 l/min	566	20
Bebedouro	2,4 l/min	1498	Bebedouro Inox Industrial	— l/min	1498	0
Pia de Cozinha (Preparo)	8 l/min	484	Torneira Cozinha Industrial (4,5 e 6 l/min)	6 l/min	112	77
Pia de Cozinha (Lav. Utensílios)	8 l/min	161	Máquina de Lavar Utensílios (7 l/c)	7 l/c	28	83
Pia de Cozinha (Lav. Louças)	8 l/min	726	Máquina de Lavar Louças Industrial (177ml/prato)	3,2 l/c	298	59
Lavagem de Pisos	0,3 l/m <sup>2</sup>	741	Lavadora e Secadora de Piso (0,01 l/m <sup>2</sup> )	0,01 l/m <sup>2</sup>	21	97
Irrigação	19 l/min	603	Mangueira Microperfurada para Irrigação (0,3 l/min)	0,3 l/min	593	2
TOTAL		6279			3659	42

Fonte: Adasa, 2018.

Observa-se para esse modelo representativo que o consumo total utilizando equipamentos convencionais foi de 6.279 l/d (litros por dia). Após o emprego conceitual de equipamentos economizadores, o consumo total foi reduzido para 3.659 l/d (litros por dia), atingindo um percentual médio de 42% de redução.

#### Centro de Ensino Fundamental (Ensino Fundamental II) –CEF.

De igual modo, cada uso-final corresponde a uma vazão própria do equipamento convencional que utilizado n vezes pelo usuário gera um determinado consumo. Com o emprego conceitual do equipamento economizador foi possível observar que a tecnologia de baixo consumo proporcionou, a partir da vazão própria que o equipamento economizador oferece, uma redução percentual do consumo. A tabela 4 apresenta o resumo dessa aplicação.

Tabela 4. Potencial de redução CEF

EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS			EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES			
Uso-Final de Água	$Q_{base}$	Consumo $_{conv}$ (l/d)	Tecnologia de baixo consumo	$Q_{red}$	Consumo $_{red}$ (l/d)	$P_{red}$ (%)
Descarga Sanitária	6 lpf	1799	Válvula de Descarga Dupla (3 e 6 lpf)	3/6 lpf	720	60
Torneira de Lavatório	6 l/min	802	Torneira Automática com Restritor de Vazão (1,8 l/min)	1,8 l/min	562	30
Bebedouro	24 l/min	1011	Bebedouro Inox Industrial	— l/min	1011	0
Torneira de Cozinha (Preparo)	8 l/min	186	Torneira Cozinha Industrial (4,5 e 6 l/min)	6 l/min	51	72
Torneira de Cozinha (Lav. Utensílios)	8 l/min	62	Máquina de Lavar Utensílios (7 l/c)	7 l/c	28	55
Torneira de Cozinha (Lav. Louças)	8 l/min	279	Máquina de Lavar Louças Industrial (177ml/prato)	— l/c	279	0
Lavagem de Pisos	0,4 l/m <sup>2</sup>	679	Lavadora e Secadora de Piso (0,01 l/m <sup>2</sup> )	0,01 l/m <sup>2</sup>	28	96
Irrigação	21 l/min	3402	Mangueira Microperfurada para Irrigação (0,3 l/min)	0,3 l/min	3353	1
TOTAL		8220			6032	27

Fonte: Adasa, 2018

Observa-se para esse modelo representativo que o consumo total utilizando equipamentos convencionais foi de 8.220 l/d (litros por dia). Após o emprego conceitual de equipamentos economizadores, o consumo total foi reduzido para 6.032 l/d (litros por dia), atingindo um percentual médio de 27% de redução.

#### Centro Educacional (Ensino Fundamental II) – CED e Centro de Ensino Médio – CEM.

Da mesma forma dos modelos anteriores, cada uso-final corresponde a uma vazão própria

do equipamento convencional que utilizado n vezes pelo usuário gera um determinado consumo. Com o emprego conceitual do equipamento economizador foi possível observar que a tecnologia de baixo consumo proporcionou, a partir da vazão própria que o equipamento economizador oferece, uma redução percentual do consumo. A tabela x apresenta o resumo dessa aplicação.

Tabela 5. Potencial de redução CED e CEM

EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS			EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES			
Uso-Final de Água	Q <sub>base</sub>	Consumo conv (l/d)	Tecnologia de baixo consumo	Q <sub>red</sub>	Consumo <sub>red</sub> (l/d)	P <sub>red</sub> (%)
Descarga Sanitária	6 lpf	2638	Válvula de Descarga Dupla (3 e 6 lpf)	3/6 lpf	1055	60
Lavatório	6 l/min	1176	Torneira Automática com Restritor de Vazão (1,8 l/min)	1,8 l/min	823	30
Bebedouro	24 l/min	1482	Bebedouro Inox Industrial	— l/min	1482	0
Pia de Cozinha (Preparo)	8,3 l/min	272	Torneira Cozinha Industrial (4,5 e 6 l/min)	6 l/min	75	72
Pia de Cozinha (Lav. Utensílios)	8,3 l/min	91	Máquina de Lavar Utensílios (7 l/c)	7 l/c	28	69
Pia de Cozinha (Lav. Louças)	8,3 l/min	409	Máquina de Lavar Louças Industrial (177ml/prato)	3,2 l/c	409	0
Lavagem de Pisos	0,4 l/m <sup>2</sup>	1585	Lavadora e Secadora de Piso (0,01 l/m <sup>2</sup> )	0,01 l/m <sup>2</sup>	45	97
Irrigação	21 l/min	4986	Mangueira Microperfurada para Irrigação (0,3 l/min)	0,3 l/min	4915	1
TOTAL		12639			8833	30

Fonte: Adasa, 2018.

Para esse último modelo representativo observa-se que o consumo total utilizando equipamentos convencionais foi de 12.049 l/d (litros por dia). Após o emprego conceitual de equipamentos economizadores, o consumo total foi reduzido para 8.424 l/d (litros por dia), atingindo um percentual médio de 30% de redução.

### ANÁLISE DO POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NAS ESCOLAS PÚBLICAS DO DISTRITO FEDERAL

Os modelos representativos possibilitaram o cálculo do potencial de redução do consumo de água após o emprego conceitual dos equipamentos economizadores. A partir daí foi possível extrapolar o resultado encontrado em cada modelo multiplicando pelo número de edificações previstas no universo amostral. Foi transformado o consumo de litros por dia para m<sup>3</sup> por ano.

Tabela 6. Potencial de redução

MODELO REPRESENTATIVOS				EDIFICAÇÕES EXISTENTES		
Tipologias	Cons. anual convencional	Cons. anual com equip. economizador	Nº Edificações	Cons. anual convencional	Cons. anual com equip. economizador	P <sub>red</sub> (%)
JI / CEI	1.972	1.082	46	90.727	49.779	45
EC	2.292	1.336	297	680.711	396.674	42
CEF	3.000	2.202	154	462.000	339.108	27
CED / CEM	4.398	3.075	95	417.812	292.111	30
TOTAL Consumo em m <sup>3</sup> /ano	11.662	7.695	592	1.651.250	1.077.672	36

Fonte: Adasa, 2018.

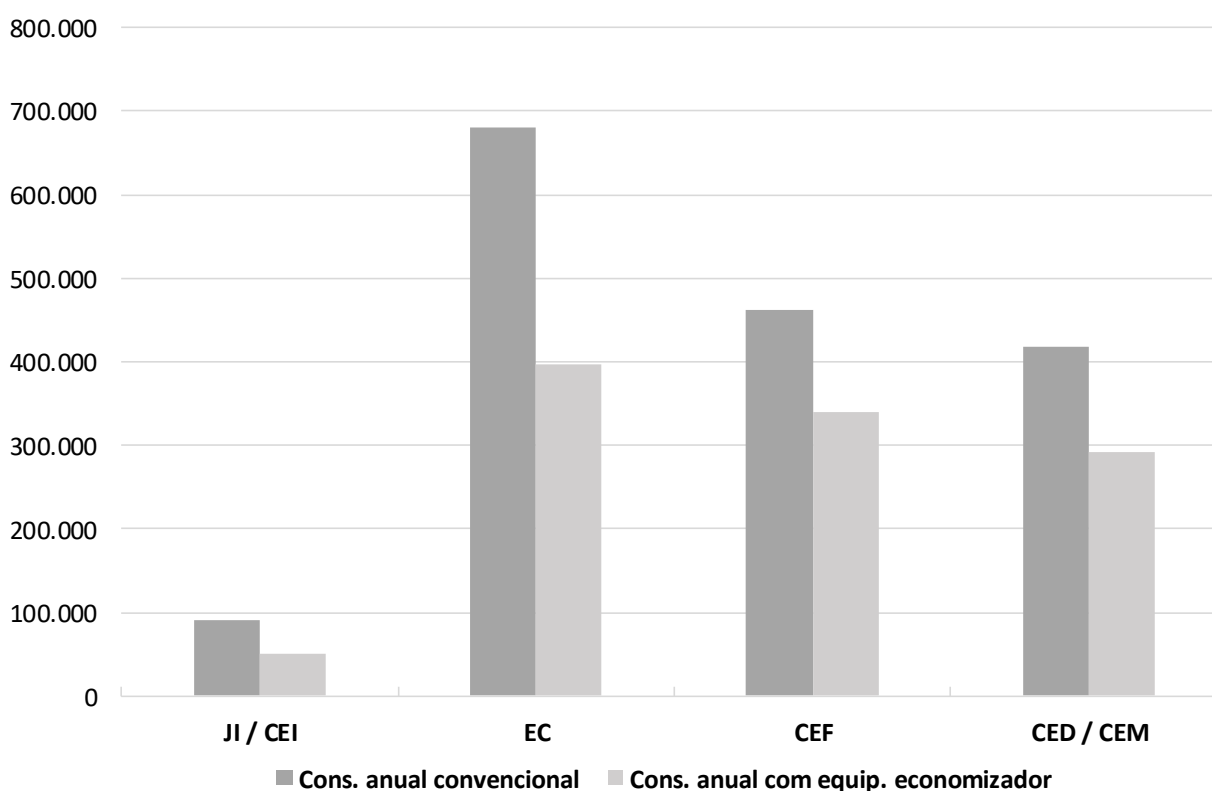
Observa-se que o consumo anual convencional (sem a adoção de equipamentos economizadores) soma 1.651.250 m<sup>3</sup>/ano quando considerados 592 prédios escolares da SEDF. Após o emprego conceitual dos equipamentos economizadores o consumo é reduzido para 1.077.672 m<sup>3</sup>/ano representando uma economia de 36% em média ou uma

diminuição de 717.031m<sup>3</sup>/ano. Estima-se que a adoção desses equipamentos nos outros prédios administrativos da SEDF pode chegar a 40%.

Verifica-se ainda, que o consumo anual convencional de 1.651.250 m<sup>3</sup> é próximo da média do volume consumido por toda a SEDF, 1.794.703 m<sup>3</sup> (veja tabelas 03 e 04), apresentando uma discrepância de apenas 8%.

O gráfico 1 faz uma comparação entre o consumo com equipamentos convencionais e equipamentos economizadores de água dos quatro modelos representativos analisados. Nota-se em todos os modelos a diminuição do consumo anual de água com a utilização de equipamentos economizadores.

Gráfico 5. Redução do consumo anual nos modelos representativos com a utilização de equipamento economizadores.

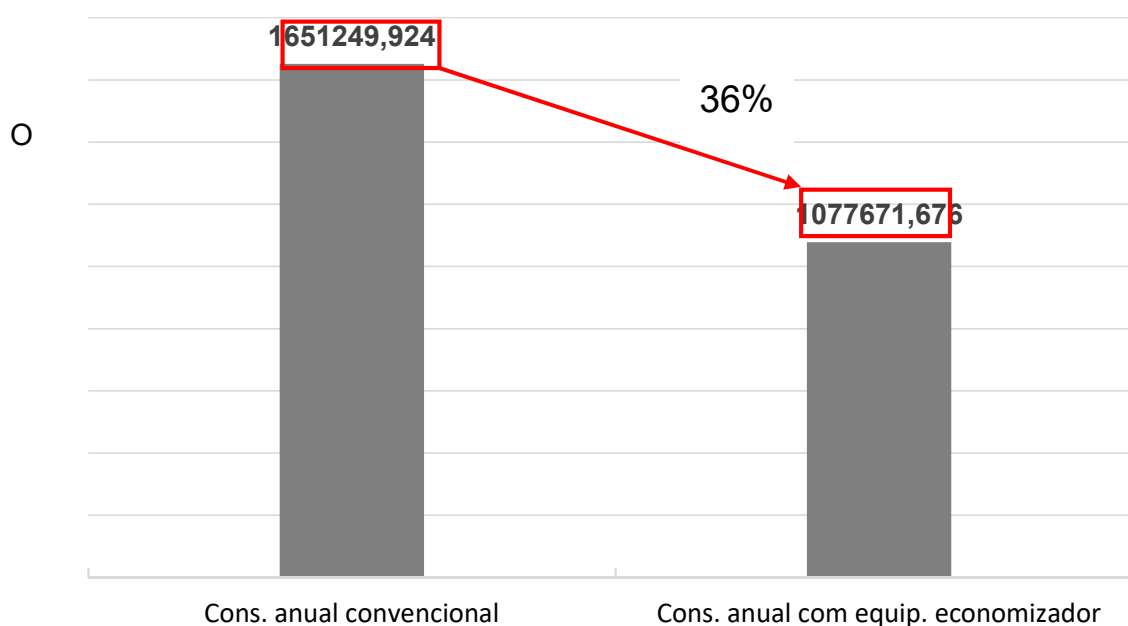


## CONCLUSÃO

Os equipamentos economizadores reduzem significativamente o consumo de água e podem contribuir fortemente na economia financeira e de consumo das escolas públicas. Com a aplicação conceitual dos equipamentos economizadores nos modelos representativos foi possível obter uma redução média de 36% para as 592 edificações, onde antes do emprego conceitual dos equipamentos o consumo médio total foi de 1.651.250 m<sup>3</sup> e após a intervenção caiu para 1.077.672 m<sup>3</sup>, como descreve o gráfico 2.

**Gráfico 2.** Percentual de redução com aplicação dos equipamentos economizadores.





consumo das escolas analisadas (resultado das medições em campo), comparado com o consumo faturado, apresentou uma discrepância de apenas -8%, o que significa estar muito próximo da realidade.

É fundamental que o GDF possa instituir um programa de redução do consumo de água para todos os prédios sob sua administração, em especial para as escolas públicas, com metas ousadas de redução do consumo e recursos orçamentários específicos. Isso deve estar acompanhado de intensa sensibilização e capacitação. É altamente simbólico o investimento e atenção a este segmento, pois ocupa-se da formação intelectual, cultural e social de crianças, pré-adolescentes e jovens. O estímulo ao uso racional de água nesses espaços públicos podem propiciar de maneira estruturante a multiplicação dessa boa prática nos outros ambientes além dos muros das escolas, chegando até as residências, que representam a maior parcela do consumo urbano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL (ADASA). *Relatório técnico nº 06: viabilidade ambiental e econômica do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais do Distrito Federal*. Brasília, DF: Adasa, 2018. (prelo).
- . *Plano Distrital de Saneamento Básico*. 2017. Disponível em:  
<https://drive.google.com/file/d/0BzsbQOa8qlrCNTJPWUJaNWJEN2M/edit>. Acesso em: out. 2017a.
- GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF). *Secretaria de Meio Ambiente do DF. Atas de Reuniões Colegiados*. 2018. Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/atas-de-reunioes>. Acesso em: mar. 2018.
- SECRETARIA DE EDUCAÇÃO (SEDF). *Relatório de gestão 2017*. Brasília, DF. Secretaria de Educação, 2017. Disponível em: <http://www.se.df.gov.br/wpconteudo/uploads/2018/01/RELAT%C3%93RIO-DE-GEST%C3%83O-2017.pdf> > Acesso em: ago. 2018.



## CAMINHOS PARA AS BICICLETAS EM VILA VELHA

*Victor Ennio Villela Peixoto da Costa (victor@hemid.com.br); Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos (leopoldobastos@gmail.com)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil  
Universidade Vila Velha, Mestrado em Arquitetura e Cidade (UVV) - Brazil

**Palavras chave:** Sustentabilidade, Mobilidade urbana, Uso de bicicletas, Ações municipais

*Este artigo apresenta um estudo sobre o uso urbano de bicicletas em Vila Velha, município brasileiro do Estado do Espírito Santo. São enfatizadas algumas questões da sustentabilidade urbana e discutidas possíveis ações de modo a contribuir para a mitigação da poluição devida aos meios convencionais de transporte e uma melhoria da qualidade de vida da população. A utilização das bicicletas é aqui considerada como um meio de transporte adequado em função do perfil dos habitantes da cidade e contribui para manter condições adequadas para o ar ambiente e redução dos ruídos de tráfego. Para este município são apresentados alguns dados oficiais sobre a população e do perfil de uso das bicicletas como meio de transporte diário.*

*A metodologia empregada na investigação é baseada em fontes bibliográficas, informações coletadas de documentos oficiais federais e municipais, além de observações em campo. O estudo apresentado pelos autores conclui sobre a necessidade de um maior aprofundamento da pesquisa sobre as ciclovias e ciclo-rotas existentes no município, de modo a obter indicações sobre sua viabilidade, possibilidade de extensão, ou reabilitação. Para tanto, a seleção de indicadores e sua métrica poderão trazer através de metodologias multicritério e de decisão um suporte teórico adequado para a análise do problema, assunto considerado como objeto de continuação deste trabalho.*

### 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as questões relacionadas com a Sustentabilidade Urbana devido a sua importância, complexidade e multidisciplinaridade se constituem em objeto de estudos orientados para a procura de soluções adequadas para os habitantes e o meio ambiente. A ação humana sobre o meio natural tem concorrido para impactos nocivos que afetam o planeta – poluições diversas do ar, das águas, e solos; destruição dos biomas – que ocorrem em diversas escalas de impactos, Agência Internacional de Energia (IEA, 2004). Na escala global, as mudanças climáticas ocasionadas pelo efeito estufa (liberação de gás carbônico pela queima de combustíveis fósseis), e a redução da camada de ozônio estratosférico (pelo vazamento de fluidos frigogênicos), são problemas que requerem soluções para mitigação em prazo curto, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2018). Devido à intensa ocupação humana que se verifica nas cidades, a tendência é de aumento dos impactos nocivos também nas escalas local e regional. Portanto, o quadro que se apresenta contém enormes desafios para os administradores, urbanistas, geógrafos, e arquitetos, etc. Assim, como conciliar o crescimento urbano com uma redução necessária dos diversos impactos ambientais?.

A instituição das Agendas 21 locais deu-se justamente para possibilitar às municipalidades tratar as questões sócio-culturais e energético-ambientais em toda a sua inerente complexidade, Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2002). Dentre os possíveis enfoques para o encaminhamento de soluções, ressalta-se de interesse para os municípios o estudo sobre a mobilidade urbana. Esta questão requer um grande esforço de análise, pois há desafios relacionados com o tráfego de veículos diversos e os problemas decorrentes na

cidade. No entanto, têm surgido novas idéias e oportunidades nas cidades, como o provimento de ruas só para pedestres, e outras possíveis ações sustentáveis, como a implantação de ciclovias e de ciclofaixas. Ao se considerar o exposto, o presente artigo se reveste de um caráter exploratório e procura tratar a sustentabilidade urbana no viés da circulação de bicicletas, e particularmente enfoca esta questão no município de Vila Velha - ES.

## **2. OBJETIVOS**

A Sustentabilidade Urbana é uma temática ampla e complexa que envolve o desenvolvimento de conceitos e aplicabilidades que requerem pesquisas e ações que exigem um tratamento através de abordagens por múltiplos critérios. Dentre as diversas problemáticas envolvidas, a mobilidade urbana adquire grande importância. Assim, o presente artigo se detém no estudo da circulação das bicicletas no município de Vila Velha - ES. Procura-se caracterizar a região de estudo, apresentar algumas características locais incentivadoras para o uso das bicicletas, e também considerar a questão sobre a escolha de indicadores, assunto que ainda merece uma atenção para fins de análise e planejamento. O assunto em si, é de grande potencial para pesquisas aplicadas, mas ainda requer em grande parte ser explorado pelos diversos atores deste processo no município.

## **3. METODOLOGIA**

A pesquisa parte da realização de um levantamento bibliográfico, através do qual são identificados tópicos de interesse para pesquisa e desenvolvimento, os quais se encontram relacionados com a geografia, sociologia, urbanismo, arquitetura, e as engenharias. Procura-se assim tratar alguns pontos de modo a contribuir para um início da discussão sobre as possibilidades de um maior uso das bicicletas no município de Vila Velha.

A partir de contatos estabelecidos com entes privados tornou-se possível o acesso a dados e informações relacionadas com o uso de bicicletas em regime de compartilhamento em Vila Velha. Estes dados se referem ao perfil dos usuários, número de viagens, etc, como também informações sobre dados físicos das ciclo-rotas e ciclovias.

Em continuidade ao presente artigo e com fundamentos em Lóra (2012) e Cardoso et al (2016) a pesquisa se concentrará na seleção de indicadores para fins de análise e planejamento das vias cicláveis em Vila Velha. Consideram-se também as recomendações do GEIPOT (2001) relativas ao planejamento do sistema local cicloviário a partir dos pólos geradores de viagens. Para tanto será aplicado um critério de decisão através da metodologia de múltiplos-critérios ELECTRE, onde são atribuídos pesos aos indicadores, e utilizada uma álgebra para o ordenamento das soluções e assim uma escolha da solução mais apropriada ao problema, Turco (2014), Fontenelle et al (2014).

## **4. VILA VELHA E A MOBILIDADE URBANA**

### **4.1. O município**

O município de Vila Velha (latitude 20,3478 S, longitude 40,295 W) apresenta uma extensa costa marítima, e conforme o Atlas Brasil (2013), ocupa uma área de 214,15 km<sup>2</sup>, possui 414.586 habitantes, tem um índice de desenvolvimento humano IDHM = 0,80, e ocupa a 40ª posição entre os 5.565 municípios brasileiros. Pelo censo demográfico (IBGE, 2010) o município conta com 99,5% de sua população na zona urbana, e uma densidade demográfica de 1973,6 hab/km<sup>2</sup>. Na Figura 1 encontram-se traçados os limites municipais e territoriais de Vila Velha.

Com relação à mobilidade urbana, o governo municipal tem disponibilizado na internet vários documentos relacionados com esta problemática, o que torna possível se estabelecer

um panorama regional, ainda que incipiente, com vistas à procura ou proposição de soluções para o uso de bicicletas. Estes documentos se relacionam com o atendimento do município ao Plano de Mobilidade Urbana, instituído pela Lei nº12.587 de 03/01/2012.

Também, através dos meios de comunicação têm sido divulgados que há estudos em realização pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Mobilidade (SEMDU), e que as intervenções cicloviárias serão contempladas por meio do Plano Municipal de Mobilidade Urbana, no contexto do Planejamento Estratégico 2017-2020.

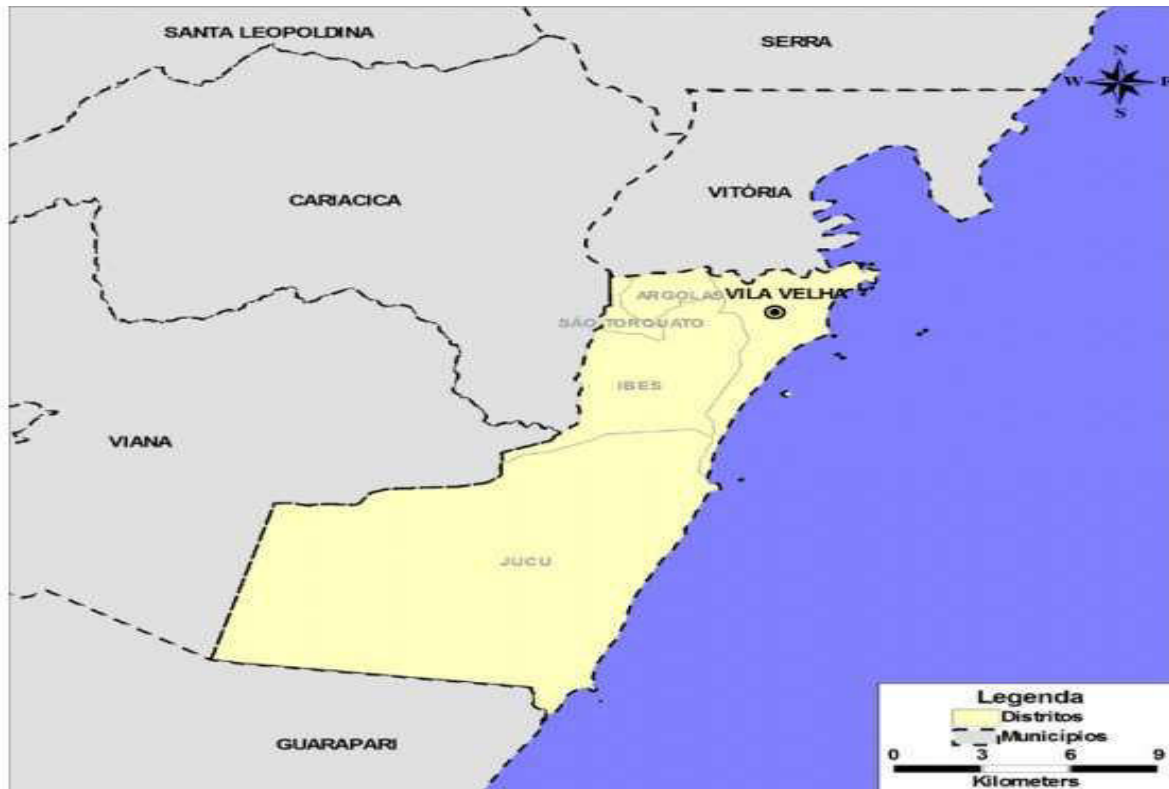


Figura 1. Limites municipais e distritais de Vila Velha, PMVvc (2016)

A criação e operação de um sistema privado de compartilhamento de bicicletas em Vila Velha concorreram para que surgissem novas ações públicas ou privadas, o que vem exigir análises sobre a mobilidade urbana e o uso destes veículos. Para tanto, contactos foram estabelecidos, pelo primeiro autor deste artigo, com a operadora de bicicletas compartilhadas em Vila Velha, conseguindo acesso a dados e informações recentes sobre o sistema em operação.

Com relação ao veículo bicicleta, esta é largamente aceita e utilizada no município, embora em curtos percursos, o que possibilita um modo de locomoção sustentável. Além disso, há um crescente incentivo para a sua utilização, por meio de diversas iniciativas públicas e privadas. No entanto, ainda são encontradas muitas restrições ao seu uso, e que estão relacionadas com a disponibilidade e o estado de conservação das ciclovias, insegurança no trânsito para condução, e problemas diversos devido a falta de atenção e de cuidado pelos condutores de veículos motorizados.

#### 4.2. Panorama sobre o uso das bicicletas

Nos países europeus, em sua maioria, as pessoas têm uma melhor consciência ambiental, o que tem concorrido para uma redução do uso de automóveis para pequenos percursos nas cidades. Na França, conforme indica Carré (1981), embora seja intenso o tráfego de veículos automotores nas cidades, observa-se que gradualmente há um maior uso das bicicletas, desde que sob adequadas condições de segurança. Em entrevista divulgada, o

filósofo francês Balaudé (2018) ressaltou aspectos experienciais dos residentes relacionados com o uso da bicicleta, a saber: pertencimento à cidade, posicionamento ecológico-ideológico, melhoria das condições de saúde do condutor pelo esforço físico realizado, etc. Também na Suíça e Dinamarca a utilização das bicicletas tem sido observada de forma ativa no meio urbano. Nos EUA, a associação AASTHO tem publicado diversos guias com recomendações orientadas para a segurança, sinalização, e adequação de obras públicas para o desenvolvimento de meios de circulação para pedestres e bicicletas, AASTHO (2012).

Também nos países orientais como Singapura, as questões que envolvem as ciclovias vêm sendo tratadas há quase 40 anos, conforme indica Tan (2004), ao abordar pontos conceituais, de planejamento estratégico, além de questões relacionadas com a implementação de novas ciclovias.

No entanto, deve-se considerar que além da simples realização de ciclovias faz-se necessário desenvolver um projeto cuidadoso, para que não se reproduzam acidentes como o ocorrido no Rio de Janeiro em 2016, com a destruição pelas ondas do mar de parte da ciclovia Leblon - São Conrado.

A implantação de uma via de tráfego nas cidades não pode ser realizada a revelia de seus habitantes, para um enfoque sustentável. Faz-se necessário um esforço de consulta à população, uma obrigação para as decisões políticas com relação à cidade e às práticas dos seus diversos usuários.

A mobilidade no cotidiano das cidades encontra-se também relacionada com as escolhas individuais e as questões sociais, conforme indicam Massot & Orfeuil (2005). Os estudos relacionados com as preferências dos ciclistas na escolha de determinados trajetos para circulação, constituem-se hoje também ferramentas indispensáveis para ações municipais de planejamento e conservação nas cidades. Cita-se como exemplo a pesquisa realizada na cidade irlandesa de Dublin, onde para os ciclistas são preponderantes os caminhos onde o tráfego é reduzido e os percursos mais curtos, sem muita relação com as condições das vias e paisagens oferecidas, Caulfiel et al (2012).

Além da utilização corrente da bicicleta como modo de transporte de propriedade individual há o crescente interesse e ações relacionadas com a exploração econômica deste modo de transporte, através de sistemas para um uso compartilhado. Estes empreendimentos podem viabilizar um maior uso de bicicletas nas cidades e contribuir para um melhor planejamento da sua circulação e vem possibilitar uma melhor adequação para espaços de guarda e estacionamento. Em decorrência desta nova forma de uso da bicicleta novos tipos de negócios comerciais têm surgido nas cidades, Behrendt (2016) e Rani et al (2017).

No Brasil, as questões relacionadas com o tema das ciclovias e seu planejamento têm sido objeto também de estudos acadêmicos e de ampla divulgação. Cita-se, por exemplo, Sousa (2012) que apresenta uma análise sobre os fatores que influem no uso da bicicleta, para fins de planejamento cicloviário na região da Baixada Santista – SP. Menezes & Machado (2016) apresentam uma análise sobre a mobilidade urbana e alternativas sustentáveis, como as ciclovias e ciclofaixas para a cidade de Niterói-RJ. Há também muitos trabalhos acadêmicos disponíveis sobre a temática deste assunto abordado, como também estudos desenvolvidos pelas ONGs, a exemplo do ITDP (2016).

Quanto a estudos teórico-aplicados relacionados com a mobilidade urbana, Lóra (2012) em sua dissertação de mestrado enfoca a questão no município vizinho de Vitória-ES, através da seleção de indicadores e uma atribuição de pesos. Cardoso et al (2016) apresentam uma metodologia para o planejamento de um sistema cicloviário, em que utilizam indicadores, com ponderação por média aritmética, e fazem um exemplo de aplicação à cidade de Nova Iguaçu-RJ. Já Pinheiro (2018) apresenta uma pesquisa sobre o uso da bicicleta orientado para a construção de paisagens culturais.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Alguns dados

Conforme pode ser observado na Figura 2, sobre a distribuição etária no município, grande parte da população de Vila Velha se encontra em idade propícia para o uso das bicicletas, o que inclusive independente do sexo.

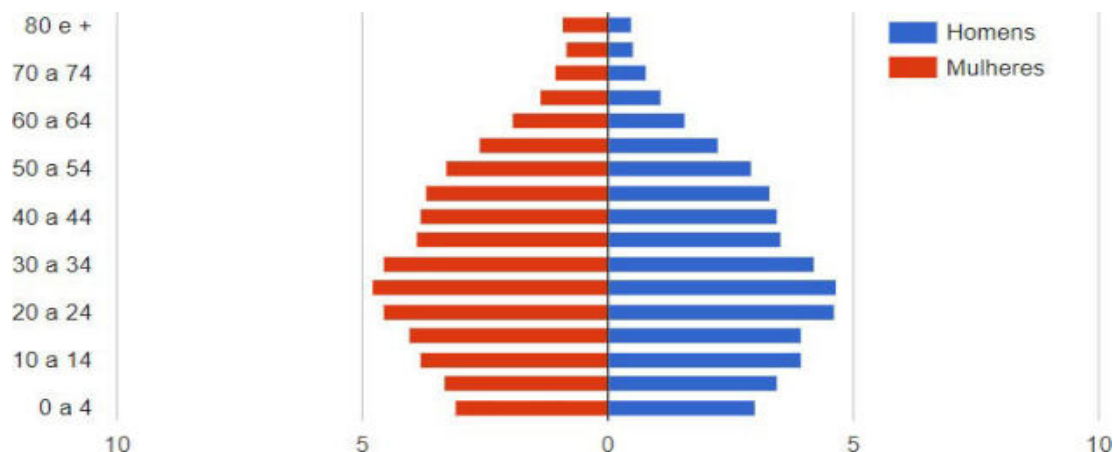


Figura 2. Pirâmide etária - Vila Velha, Atlas Brasil (2013)

Ainda, segundo pesquisa do IBGE (2008) na região Sudeste revela-se expressivo o percentual de pessoas com o hábito de ir e voltar a pé ou de bicicleta do domicílio para o trabalho ou para as escolas. O que se dá principalmente para as pessoas na faixa etária de 14 a 17 anos, onde este valor alcança 49%, ver Figura 3.

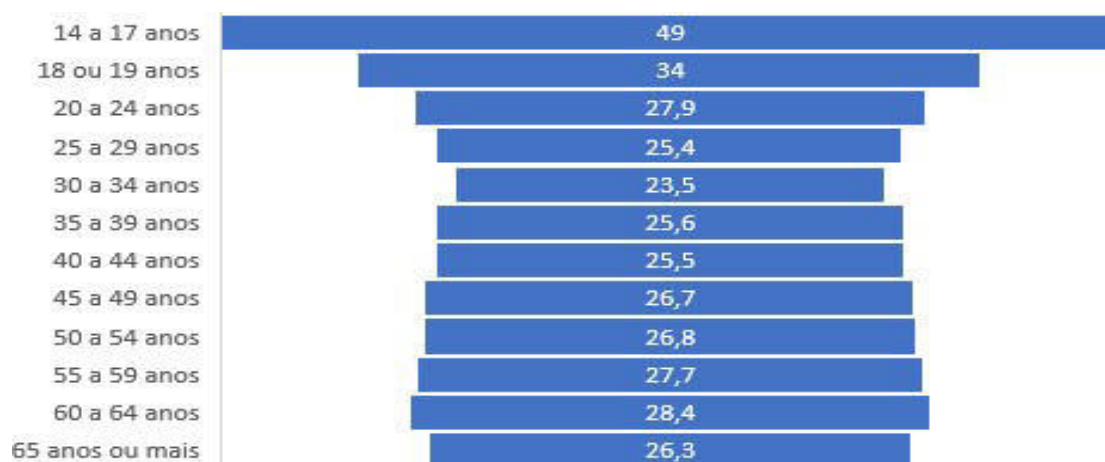


Figura 3. Percentual de pessoas que costumavam ir a pé ou de bicicleta do domicílio para o trabalho na Região Sudeste, adaptado de (IBGE, 2008)

### 5.2. Zonas de circulação

As zonas de tráfego de bicicletas estabelecidas no Plano Municipal de Mobilidade e Acessibilidade, (PMVV, 2015) e (PMVV 2016), resultam de registros em 20 em pontos de contagem volumétrica. Estes registros foram realizados para os dois sentidos de tráfego, em dias úteis, entre 6:00 e 20:00 horas. As locações dos pontos de medida considerados são apresentadas na Figura 4. Convém ser observado que a maior circulação de bicicletas se dá na parte norte do município, onde há muito comércio, serviços, residências e espaços para lazer. Também esta é a região limite do município que se comunica através de pontes com a cidade de Vitória.





Figura 4. Localização dos pontos de contagem volumétrica de bicicletas, PMVV (2016)

### 5.3. Ciclo-rotas e ciclovias

Em 2014, quando da emissão da Lei relativa ao Plano de Mobilidade Municipal, foi instituído na região da Grande Vitória um Grupo de Trabalho constituído pelo governo e sociedade civil, e que resultou na elaboração de um Mapa Ciclovitário da Grande Vitória, com vista centrada em Vila Velha, ver Figura 5.



Figura 5. Mapa de Ciclovias e Ciclorrotas de parte da Região Metropolitana da Grande Vitória, e-site Vá de Bike.

Para fins de análise a presente pesquisa considera os pólos geradores de viagens, conforme indica GEIPOT (2001), e são considerados, ainda como proposição, os seguintes parâmetros: largura efetiva da via, condições de estacionamento na via, volume médio de tráfego, velocidade máxima admitida, aclives e interseções na via ciclável.

### 5.4. O sistema de compartilhamento de bicicletas em Vila Velha

A recente operadora local do sistema de compartilhamento de Bicicletas de Vila Velha (Bike-

VV) conta com 20 estações de compartilhamento. Dispõe de 308 vagas, 200 bicicletas, conta com mais de 14 mil usuários cadastrados e foram realizadas 140.006 viagens nos primeiros três meses de operação. As estações estão concentradas na parte norte do município, onde há maior disponibilidade de ciclovias, Figura 6. Quando da inauguração deste sistema Bike-VV, a previsão era de 1000 viagens por dia, conforme notícia veiculada na ocasião. Porém a amostragem semanal de 10 a 16 de junho de 2018, o sistema atendeu em média 1468 utilizações diárias, o que superou o valor esperado em 46,8%.

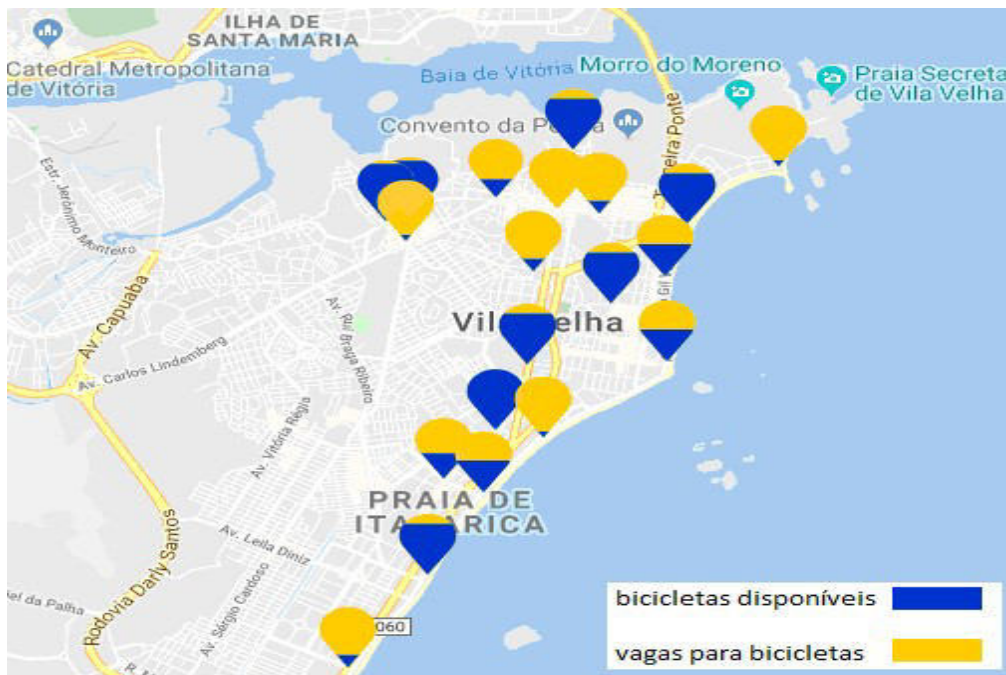


Figura 6. Estações de compartilhamento Bike-VV.

A Figura 7 mostra os totais relativos a usuários cadastrados e ativos, enquanto a Figura 8 apresenta o número de viagens de bicicletas do Sistema Bike-VV em seus três primeiros meses de funcionamento em 2018. Verifica-se uma duplicação do número de usuários e um grande incremento no número de viagens. Ao que indica esta tendência este empreendimento se revela como promissor no atendimento aos usuários e também importante para a cidade, ao proporcionar uma menor utilização de veículos à combustão, com reflexos positivos sobre o tráfego e a redução da poluição.

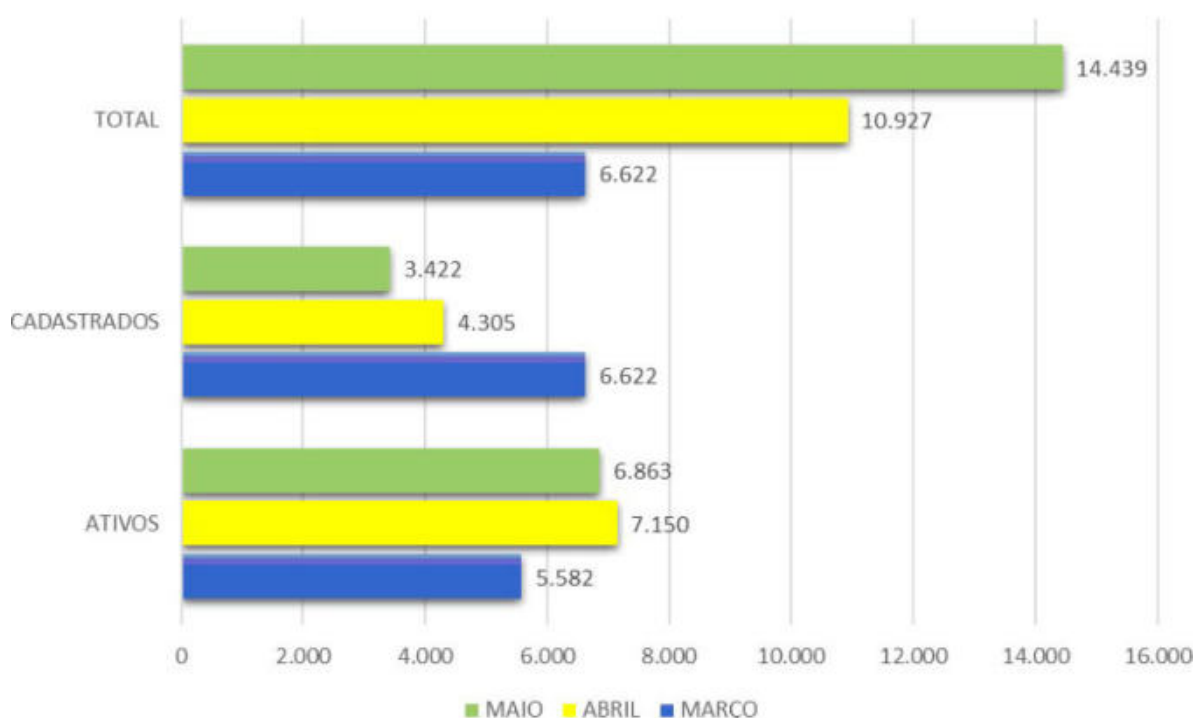


Figura 7. Total de usuários do Sistema Bike-VV em seus três primeiros meses de funcionamento em 2018, e-site Bike-VV.

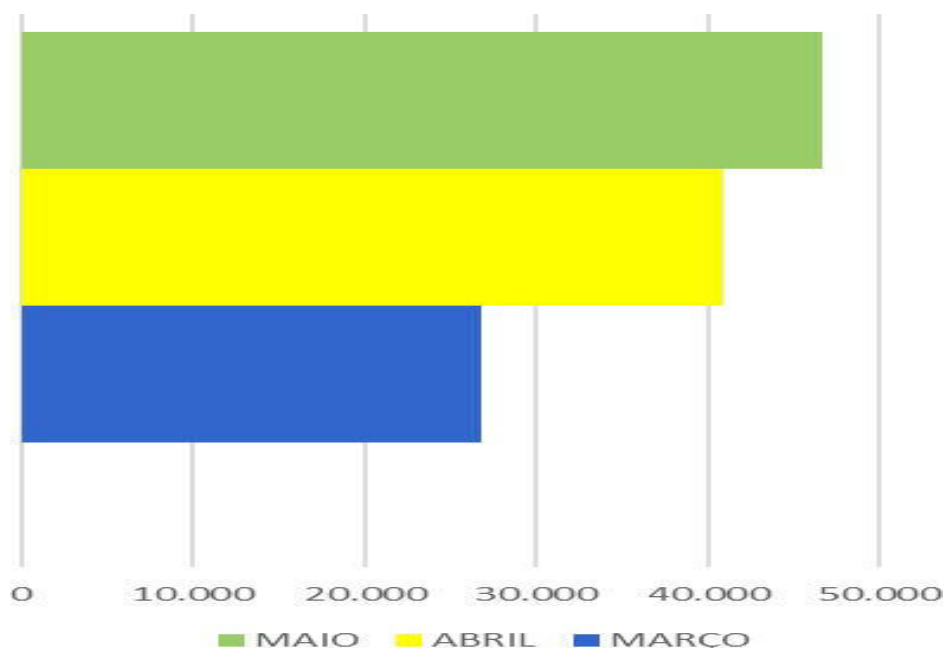


Figura 8. Total de viagens de bicicletas do Sistema Bike-VV em três primeiros meses de operação em 2018, e-site Bike-VV.

## 6. COMENTÁRIOS FINAIS

O estudo aqui apresentado procura traçar um primeiro panorama sobre a questão da sustentabilidade urbana, ao tratar a problemática da utilização de bicicletas como meio de mobilidade em Vila Velha, município do estado brasileiro do Espírito Santo. Do estudo realizado foi possível verificar que a distribuição etária dos habitantes favorece a um uso intenso das bicicletas, como também a topografia generosa da região.

A malha urbana do município apresenta ciclovias e ciclo-rotas situadas principalmente na região norte e ao longo da faixa litorânea. Mas são encontradas muitas interrupções nos trajetos e uma carência de estacionamentos ou guarda de bicicletas. Não há também na cidade uma sinalização adequada que oriente e estabeleça uma circulação dos ciclistas com relação aos pedestres e ao fluxo viário. Nota-se por outro lado o esforço das autoridades municipais em colocar em ação o Plano de Mobilidade, que se espera venha a contribuir para um maior e melhor utilização das bicicletas.

Constata-se também, embora incipiente na região, uma forma contemporânea de compartilhamento que passa agregar um grande potencial para o uso das bicicletas, pois anteriormente somente circulavam aquelas de propriedade individual.

A partir das leituras realizadas, verifica-se ser possível estender os estudos relativos ao uso das bicicletas a outras áreas do conhecimento para tratar de temas como o estabelecimento de uma melhor ambiência urbana para as pessoas, questões ligadas aos meios coletivos de transporte para o trabalho, além de atividades de lazer e turismo.

Em continuidade, a pesquisa se concentrará em estudos de campo para a coleta de dados e informações para uma seleção adequada de indicadores relacionados com as ciclo-rotas e ciclovias. O cálculo destes indicadores e o tratamento das soluções através de técnicas de abordagem por intermédio de critérios de decisão por múltiplos critérios permitirão adequadas ações de planejamento urbano para as circulações de bicicletas em Vila Velha.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASTHO (2012). *Guide for Development of Bicycle Facilities*. 4th edition. Denver-Co /USA.
- ATLAS BRASIL (2013). Disponível em <[atlas\\_brasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/vila-velha\\_es](http://atlas_brasil.org.br/2013/pt/perfil_m/vila-velha_es)>. Acesso em 20 julho 2018.
- BALAUDÉ, J.F. (2018). Disponível em <<https://www.rts.ch/info/suisse/9396077-le-retour-du-velo-en-ville.html>> Acesso em 23 julho 2018.
- BEHRENDT, F.(2016). *Why cycling matters for smart cities*. *Internet of bicycles for intelligent transport*. *Journal of Transport Geography*, 56, p. 157-164,
- BIKE - VV. (2018). *Sistema de compartilhamento de bicicletas de Vila Velha*. <https://www.bikevv.com.br/>
- CARDOSO, P.B.; CAMPOS, V.B.G. (2016). *Metodologia para planejamento de um sistema cicloviário*.  
- *Transportes*, v.24, n°4, p.39-48.
- CARRÉ, J.R.(1981). *Le vélo dans la ville : Un révélateur social*. *Les Cahiers de Médiologie*, 1981/1, N°5, p.151- 164.Disponível em < <https://www.cairn.info/revue-les-cahiers-de-mediologie-1998-1-page-151.htm>>.
- CAULFIEL, B., BRICK, E.; McCARTHY, O.T. (2012). *Determining bicycle infrastructure preferences: A case study of Dublin*, *Transport Research Part D17*, p. 413-417,
- FONTENELLE, M.R.; BASTOS,L.E.G. (2014). *The multicriteria approach in the architecture conception: Defining windows for an office building in Rio de Janeiro*. *Building and Environment* 74, p. 96-105,
- GEIPOT (2001). *Planejamento Cicloviário: Diagnóstico Nacional*. Empresa Brasileira de Transportes e Turismo Brasil. 116p, Brasília.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.(2008). *Um Panorama de Saúde no Brasil*. Disponível em <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pnad\\_panorama\\_saude\\_brasil.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/pnad_panorama_saude_brasil.pdf)>. Acesso em 14 junho 2018.
- IEA – International Energy Agency. Annex 31. (2004). *Energy-related environmental impacts of buildings*, < [http://www.iisbe.org/annex31/pdf/B\\_environmental.pdf](http://www.iisbe.org/annex31/pdf/B_environmental.pdf)>.



- ITDP (2016). Instituto de Políticas de Transporte & Desenvolvimento. *Sistemas de bicicletas compartilhadas em Belo Horizonte, Distrito Federal, Rio de Janeiro, e São Paulo. Relatório.*
- LÓRA, R. M. (2012). *Por uma construção da mobilidade urbana: metodologia e indicadores na cidade de Vitória-ES. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo- UFES.*
- MASOT, M.H., ORFEUIL, J.P. (2005). *La mobilité au quotidien entre chox individuel et production sociale Cahiers Internationaux de Sociologie, n°118, p. 81-100.*
- MENEZES, T.C., MACHADO, D.C. (2016). *Mobilidade urbana e alternativas sustentáveis: um estudo sobre o projeto de ciclovias em Niterói. Texto 119. Centro de Estudos sobre Desigualdade e Desenvolvimento – CEDE /UFF.*
- MMA. (2002). *Agenda 21 Brasileira - Ministério do Meio Ambiente.*
- < [www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/consulta2edicao.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/consulta2edicao.pdf)>.
- PINHEIRO, D. (2018). *A bicicleta na construção das paisagens culturais: um método de experiencição da rota cicloviária da Ilha do Governador, RJ. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro - PROARQ-FAU/UFRJ.*
- PMVV. (2015). *Prefeitura Municipal de Vila Velha. Termo de Referência – Elaboração do Plano de Mobilidade e Acessibilidade – PlanMob. Outubro 2015.*
- <[www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/TR%20-%20MOBILIDADE.pdf](http://www.vilavelha.es.gov.br/midia/paginas/TR%20-%20MOBILIDADE.pdf)>.
- \_\_. (2016). *Produto1. Plano Municipal de Mobilidade e Acessibilidade: Planos de Trabalho e de Comunicação.* <<http://www.vilavelha.es.gov.br/planmobvv/documentos/PRODUTO%2001%20-%20Plano%20de%20Trabalho%20e%20Comunica%C3%A7%C3%A3o%20-%20Final.pdf>>.
- \_\_. (2016). *Produto 2a. Plano Municipal de Mobilidade e Acessibilidade: Zoneamento de Tráfego.*
- <<http://www.vilavelha.es.gov.br/planmobvv/documentos/PRODUTO%2002a%20-%20ZONEAMENTO%20DE%20TR%20-%20Final.pdf>>.
- RANI, M., VYAS, O.P. (2017). *Sharing system to make the city even smarter. In: Mishra, K., Tiwari, S., Sing, V. (eds) Advances in Computer and Computational Sciences vol.553 .Springer. Singapore,*
- SOUSA, P.B. (2012). *Análise de fatores que influem no uso da bicicleta para fins de planejamento cicloviário. Tese de Doutorado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos – USP.*
- TAN, K. W. (2006). *A greenway network for Singapore. Landscape and Urban Planning 76, p.45-66,*
- TURCO, C. (2014). *Rethinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability. Journal of Environmental Planning and Management 56:5, p. 695-719.*



## ECONOMIA CIRCULAR UMA PERSPETIVA DE RESILIÊNCIA

*Maria Cândida Conde Marreiros (candidagrilo@gmail.com); Susana Carla Ferreira de Oliveira (susana.o@gmail.com)*

Simas de Oeiras e Amadora - Portugal

Mestrado em Gestão e Administração Pública - Portugal

Universidade Autónoma de Lisboa, Licenciatura em Gestão (UAL) - Portugal

**Palavras chave:** economia circular; resiliência económica

*A economia circular é mais que um conceito, É uma forma de resiliência face á insustentabilidade do modelo de economia linear e a questão da escassez dos recursos.*

*Este modelo económico é capaz não apenas de produzir valor sem destruir a natureza, mas também de a restaurar e proteger. "Circular" remete para a ideia de ciclo, e há dois tipos de ciclo a considerar: os ciclos bioquímicos (como o ciclo da água por exemplo) e os ciclos técnicos (relacionados com a reciclagem dos materiais).*

*Fundamental para a compreensão da economia circular é a ideia de que a sua implementação acontece a vários níveis. Primeiro, ao nível da organização, no que diz respeito à conversão dos seus processos produtivos em práticas mais eficientes. Segundo, ao nível interorganizacional (que inclui práticas como a partilha de infraestruturas e a reutilização de resíduos de uma empresa por outra que os converte em recursos). Terceiro, ao nível do município ou entidade territorial, com a colaboração entre diversos agentes - empresariais, governativos e não só.*

*Este trabalho tem como objetivo demonstrar que a economia-circular constitui uma mais valia para qualquer organização e que traduz em ganhos de rentabilidade através economias de escala por via do não desperdício.*

### 1. INTRODUÇÃO

O conceito de economia circular não é novo, mas em termos empresariais tem sido encarado como uma moda ou uma visão extremista da ecologia. Um conceito que remete para o aumento da despesa e que se enquadra no ciclo produtivo linear.

Mas se analisarmos mais de perto, o que tem vindo a acontecer no passado verificamos que, durante todos estes anos as matérias primas foram extraídas, sujeitas a processos industriais, visando o fabrico de um produto que posteriormente será colocado no mercado, adquirido, usado e no fim da sua vida útil, descartado.

Este modelo económico tem-se traduzido numa dívida projetada para o futuro com reflexos na atualidade, exemplo visível temos as ilhas de plástico no Oceano Pacífico cuja dimensão já tem duas vezes o tamanho da França (é 16 vezes maior do que se pensava continua a aumentar rapidamente). Calcula-se que:

- 46% do total de lixo seja redes de pesca abandonadas ou perdidas;
- 20% do lixo são detritos arrastados pelo tsunami do Japão em 2011;
- 94% dos biliões de pedaços de plástico têm menos de 0,5 centímetros;
- O peso total a "mancha" de plástico seja de 79 mil toneladas;

Um grupo de estudos, patrocinado pelo governo britânico, recolheu várias amostras de dejetos na "ilha" ainda com etiquetas: um terço dizia "made in China" e outro terço foi fabricado no Japão. No total, havia plásticos de 12 países.

Paralelamente, em todo o mundo por ano, morrem cerca cem mil animais (sobretudo mamíferos, como tartarugas, focas e baleias) estranguladas em redes de pesca abandonadas.

Face ao exposto urge diminuir drasticamente a quantidade de resíduos produzidos.

## 2. A CIRCULARIDADE E O MUNDO ORGANIZACIONAL

Do ponto de vista da gestão, (independentemente do setor de atividade ou do facto de serem públicas ou privadas) as organizações não se sentem preparadas para encarar esta questão e alterar o processo produtivo.

Os gestores não encaram a questão da sustentabilidade e da circularidade nos seus processos decisórios. A ideia do “novo e mais moderno” em do consumo em massa é algo muito mais apetecível e economicamente mais vantajoso.

Ora, este paradigma vigente, confronta-se hoje com questões relativamente à disponibilidade de recursos. A título de exemplo, em 2010 cerca de 65 mil milhões de toneladas de matérias-primas entraram no sistema económico prevendo-se que em 2020 se atinjam os 82 mil milhões de toneladas.

Acontece que a quantidade de recursos disponíveis é insuficiente para satisfazer a demanda da procura. É necessário alterar o paradigma e reutilizar, reciclar e reinventar.

Um novo modelo económico funcionando em circuitos fechados, catalisados pela inovação ao longo de toda a cadeia de valor, é a solução alternativa para minimizar consumos de materiais e perdas de energia.

A economia circular é uma mudança transformacional ao nível das políticas públicas, dos modelos de negócio, das tecnológicas e das escolhas do consumidor.

Assegurar a simbiose industrial, na qual os processos assentam numa colaboração entre organizações de diferentes setores e onde a troca de materiais, a partilha de energia residual ou de serviços, ou a reutilização de águas tratadas gera vantagens competitivas para todos os intervenientes, é o objetivo do modelo económico que agora se apresenta

No caso dos resíduos, a simbiose industrial procura integrar uma ou mais indústrias, tornando cíclico o fluxo de materiais e energia, onde os resíduos em vez de serem produzidos, são antes reinseridos na cadeia produtiva como subprodutos ou matérias-primas.

## 3. BARREIRAS E CONSTRANGIMENTOS À ECONOMIA CIRCULAR

Existem diversas barreiras à sua implementação:

- Políticas;
- Culturais: a cultura da organização, a vontade de colaborar na cadeia produtiva, a consciência e interesse dos utilizadores e operar num sistema linear;
- Tecnológicas: Design dos produtos, a capacidade para desenvolver produtos remanufaturados; falta de informação no que concerne a impactos;
- Mercado: custo de desenvolvimento de produtos; financiamento limitado para modelos de negócio circular e standardização dos produtos e serviços.
- Regulatórias: Leis e regulamento obstrutivos; *procurement* circular é limitado e falta de consenso a nível global.

Estas barreiras estão embebidas umas nas outras, o que significa que elas estão interrelacionadas. Para as demover é necessária uma mudança sistémica, analisando a “raiz” das causas e promovendo intervenções direcionadas que irão resultar em reações em cadeia.

Provocar estas reações em cadeia depende da alteração de *mind set* introduzida na gestão de topo.

A economia circular, é um modelo capaz não apenas de produzir valor sem destruir a natureza, mas também de a restaurar e proteger.

- A adoção deste modelo, tem subjacente a existência de dois tipos de ciclos:
- os ciclos biogeoquímicos (como o ciclo da água por exemplo) - processos naturais em que os elementos químicos circulam entre os seres vivos e o meio ambiente;
- e os ciclos técnicos (relacionados com a reciclagem dos materiais) – ao nível da tecnoesfera os materiais são considerados nutrientes – nutrientes técnicos – e utilizados de modo a que circulem em ciclos industriais fechados – principalmente aqueles que não são produzidos de forma contínua pela biosfera (não-renováveis).

No sistema linear de produção esses materiais são usados apenas uma vez (ou algumas vezes, reciclados através de técnicas convencionais) para então serem incinerados ou descartados, o modelo de produção circular prevê que eles alimentem continuamente a geração de novos produtos.

Fundamental para a compreensão da economia circular é a ideia de que a sua implementação acontece a vários níveis. Primeiro, ao nível da organização, no que diz respeito à conversão dos seus processos produtivos em práticas mais limpas. Segundo, ao nível interempresarial (sendo aqui muito importante mencionar o conceito de simbiose industrial, que inclui práticas como a partilha de infraestruturas e a reutilização de resíduos de uma empresa por outra que os converte em recursos). Terceiro, ao nível do município ou entidade territorial, com a colaboração entre diversos agentes – empresariais, governativos e não só.

Uma economia "mais circular" é o caminho para a mudança de paradigma, tendo em vista enfrentar os problemas ambientais e sociais decorrentes da globalização dos mercados e do atual modelo económico baseado numa economia linear de "extração, produção e eliminação". Distinguindo-se como um modelo focado na manutenção do valor de produtos e materiais durante o maior período de tempo possível no ciclo económico.

Podemos afirmar que estamos perante um conceito estratégico que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia. Substituindo o conceito de fim-de-vida da economia linear, por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado, a economia circular é um elemento chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento no consumo de recursos, relação até aqui vista como inexorável.

Inspirando-se nos mecanismos dos ecossistemas naturais, que gerem os recursos a longo prazo num processo contínuo de reabsorção e reciclagem, a Economia Circular promove um modelo económico reorganizado, através da coordenação dos sistemas de produção e consumo em circuitos fechados.

É um processo dinâmico que exige compatibilidade técnica e económica (capacidades e atividades produtivas) mas que também requer igualmente enquadramento social e institucional (incentivos e valores).

A economia circular não é apenas de um conceito fundamental para pensar a economia e os ciclos de produção e de consumo, trata-se de um conceito chave para repensar e reformular a sociedade que queremos ser. É um catalisador para a competitividade e inovação, que mantém o valor acrescentado nos produtos pelo maior tempo possível e elimina o desperdício.

O modelo circular assume que os produtos e serviços têm origem em fatores da natureza, e que, no final de vida útil, retomam à natureza através de resíduos ou através de outras

formas com menor impacte ambiental. No modelo circular os ciclos de vida dos produtos são otimizados – desde a conceção e desenho, aos consumos ao longo do período de vida do produto, ao processo de produção e à gestão dos resíduos que não foram possíveis de eliminar. Um pouco por todo o mundo, há organizações de diferentes dimensões com projetos de economia circular.

Estima-se que as medidas de prevenção dos resíduos, conceção ecológica, reutilização e outras ações “circulares” poderão gerar poupanças líquidas de cerca de 600 mil milhões de euros às empresas da UE (cerca de 8% do total do seu volume de negócios anual), criando 170.000 empregos diretos no sector da gestão de resíduos e, ao mesmo tempo, viabilizando uma redução de 2 a 4% das emissões totais anuais de gases de efeito de estufa.

#### 4. A ATUALIDADE ORGANIZACIONAL E A ECONOMIA CIRCULAR

Atualmente e mais por via da obrigatoriedade legislativa, que por via da consciência ambiental e da necessária alteração de paradigma gestor, os resíduos têm de ser encaminhados para operadores licenciados e esta fase de descarte implica custos (muitas vezes elevados) às organizações.

Com esta medida, foi conseguida a atenção dos gestores e das organizações, que por via da redução de custos ou do não aumento dos mesmos, passaram a ter que alterar o seu *mind set* e enfrentar esta “ameaça” como uma oportunidade de aumentar a rentabilidade organizacional e se tornarem mais eficientes.

Várias indústrias têm mostrado um interesse crescente na produção sustentável durante a última década, embora este progresso ainda não seja suficiente para resolver desafios globais tais como a mudança climática, a depleção dos recursos naturais e da oferta de energia.

Uma organização que aposta num modelo circular favorecendo o reuso a remanufatura, a reciclagem e a durabilidade dos produtos cria mais emprego que uma economia linear. Isto implica, procurar que os bens já produzidos se mantenham no circuito económico por mais tempo gerando empregos em áreas como a remanufatura, reparação, manutenção e upgrade de produtos que são mais mão-de-obra intensivos do que atividades como a mineração ou a produção de bens em que se baseia o modelo linear.

Um modelo de negócios para a sustentabilidade é, então, o projeto da lógica de negócios de uma empresa que internaliza a sua situação comercial para o âmbito da sustentabilidade, cujo objetivo é ter um impacto ambiental menor do que os modelos de negócios tradicionais.

A responsabilidade da organização abrange a responsabilidade com um modelo empresarial que proporcione sucesso em termos de rentabilidade comercial e impacto positivo nas pessoas e no ambiente.

É necessário que as organizações tenham um novo olhar relativamente aos elementos pré-determinados, isto é, eventos estáveis e já conhecidos da organização, como sejam:

- Intensificação de eventos atmosféricos extremos;
- Escassez de recursos;
- Alteração do paradigma energético;
- Alteração do paradigma económico e de financiamento;
- Alteração do paradigma funcional intrínseco à organização.

Porém, e num futuro próximo a pressão criada pelos constrangimentos suprarreferidos irá aumentar por via da necessidade de inovação tecnológica e pela necessidade de adaptação/substituição de infraestruturas, de forma a responder a demandas cada vez mais complexas e assegurar a resiliência das organizações.

É ainda expectável que aumente a pressão relativamente à demonstração de comportamentos internos mais sustentáveis e em linha de atuação com as metas definidas pela Estratégia Nacional para a Sustentabilidade e suas derivadas setoriais.

Por outro lado, a comunicação interna e externa deverá ser totalmente reformulada, para permitir uma maior transparência e aumentar a intercomunicabilidade com as comunidades locais e os *stakeholders*.

A transição para um modelo circular implica desafios na área da investigação e desenvolvimento, do design, da eco inovação, nos processos produtivos e modos de consumo.

A interiorização dos princípios da economia circular em contexto interorganizacional, promovem alterações internas de comportamentos e diminuem o desperdício por via da racionalização dos recursos, sem que isso implique desconforto laboral. O controlo dos consumos internos é um dos pontos principais. Não está em questão o quanto se gasta, mas como se gasta.

## 5. CONCLUSÃO

Em termos de conclusão importa referir que, não é mais possível continuar a ignorar que o mundo “varre o lixo para debaixo do tapete”, empurrando os seus resíduos para países económica, política e socialmente frágeis, poluindo os oceanos e os poucos campos de cultivo de que esses países dispõem para assegurar a sua sobrevivência.

As organizações só têm a ganhar com a alteração do paradigma gestor, pois esta irá permitir um estilo de gestão mais responsável do ponto de vista ambiental, económico e social.

Mudar mentalidades é o maior desafio, mas na atualidade já não é mais uma opção, é um imperativo.

Os avisos ao mundo foram feitos em 1992, quando mais de 1700 cientistas de todo o mundo assinaram o artigo “Alerta dos cientistas do Mundo à humanidade – artigo publicado pela revista da *Union of Concerned Scientists*, no qual alertam para o facto de as atividades humanas estarem a causar danos irreversíveis no ambiente e nos recursos naturais sendo o mais dramático ao nível dos recursos hídricos.

Desde 1992:

- Houve uma redução de 26% na quantidade de água doce disponível per capita;
- Aumento de 75% de zonas mortas nos oceanos.

Agora há um novo aviso à humanidade.

Relativamente a Portugal e com base nos dados publicados num jornal periódico nacional, este é o quadro:

*“Portugal esgota este sábado os recursos naturais renováveis de 2018, o que significa que vai começar a usar meios que só deveria utilizar a partir de 1 de janeiro de 2019, anunciou a associação ambientalista Zero*

*De acordo com a Zero, “se todos vivessem como nós”, a partir de domingo “o mundo começaria a usar o cartão de crédito ambiental”, porque “acabam-se hoje os recursos renováveis de Portugal”.*

*Se cada pessoa no planeta vivesse como uma pessoa média portuguesa, “a humanidade exigiria o equivalente a 2,19 planetas para sustentar as suas necessidades de recursos”, o que implicaria que “a área produtiva*



*disponível para regenerar recursos e absorver resíduos a nível mundial esgotar-se-ia neste dia 16 de junho".*

*"Portugal é, há já muitos anos, deficitário na sua capacidade para fornecer os recursos naturais necessários às atividades desenvolvidas (produção e consumo).*

*A nossa pegada 'per capita' é de 3,69 hectares globais, mas a nossa biocapacidade é de 1,27 hectares globais, com base em dados revistos para toda a série histórica desde 1961", escreveu a Zero, num comunicado. Portugal é o 69º país do mundo com maior pegada ecológica por pessoa.*

*Apesar de, entre os países da União Europeia, Portugal ter a quarta pegada mais baixa por pessoa, esta é, ainda assim, muito superior à capacidade média por pessoa no planeta.*

*O consumo de alimentos (32% da pegada global do país) e a mobilidade (18%) encontram-se entre as atividades humanas diárias que mais contribuem para a pegada ecológica portuguesa e são "pontos críticos para intervenções de mitigação da pegada", segundo a Zero.*

*Os dados relativos à pegada ecológica são atualizados anualmente pela Zero -- Associação Sistema Terrestre Sustentável, em parceria com a Global Footprint Network.*

*Tal como um extrato bancário dá a indicação das despesas e dos rendimentos, a contabilização da pegada ecológica avalia anualmente, através de sistemas métricos, as necessidades humanas de recursos renováveis e serviços essenciais e compara-as com a capacidade da biosfera de fornecer tais recursos e serviços.*

*O dia em que a humanidade atinge o limite do uso sustentável de recursos naturais disponíveis para esse ano, ou seja, o orçamento natural, é habitualmente designado como 'Overshoot Day'.*

*No ano transato, o 'overshoot day' mundial ocorreu em 02 de agosto, sendo que o último ano em que o planeta conseguiu viver com o seu orçamento natural anual foi em 1970."*

*Jornal Expresso – sábado 16/06/2018 Fonte Lusa – 16/06/2018*

## **6. BIBLIOGRAFIA**

- *"Pequeno Tratado do Decrescimento Sereno" – Serge Latouche - edição: Edições 70, janeiro de 2011*
- *"Os Perigos do Mercado Planetário" - Serge Latouche - Edição ou reimpressão: 04- 1999 Editor: Instituto Piaget*
- *Economia Circular – BCSD <https://www.bcsdportugal.org/atividades/economia-circular>*
- *Jornal Expresso – EDIÇÃO - sábado 16/06/2018"*

## REFLEXÕES SOBRE O ESPAÇO AUTOCONSTRUÍDO A PARTIR DA CAPACITAÇÃO DE SEUS MORADORES

Sonia Dique Fragozo ([sonia.fragozo@gmail.com](mailto:sonia.fragozo@gmail.com)); Sylvia Meimaridou Rola ([sylviarola@fau.ufrj.br](mailto:sylviarola@fau.ufrj.br))

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Brazil

**Palavras chave:** autoconstrução, percepção do lugar, autopoíese, espaço construído

*O presente artigo trata-se de um recorte da pesquisa da tese de doutorado, em andamento, da autora, e visa refletir sobre uma provável transformação no ambiente construído, pelo processo de autoconstrução, de moradias de baixa renda, resultante da capacitação técnica de seus moradores. Essa reflexão, baseada numa mudança da percepção dos espaços autoconstruídos, por moradores qualificados, tem sua origem nas aulas ministradas pela autora em cursos de capacitação técnica para formação profissional e, principalmente, no acompanhamento da evolução dos alunos que, em sua grande maioria, são moradores de assentamentos populares.*

*É notório, ao longo dos cursos, perceber a crescente capacidade dos estudantes em detectar os problemas construtivos nos espaços habitados, no bairro e em suas próprias casas. Em relação aos que já trabalham como construtores autônomos, observa-se uma busca pela aplicação criteriosa dos conhecimentos adquiridos nos cursos. É possível apreciar e reconhecer a importância desse conhecimento adquirido e o orgulho expresso pelo benefício do conhecimento.*

*A fim de investigar a possibilidade da transformação que o conhecimento técnico adquirido, pelos moradores, é capaz de produzir nos espaços autoconstruídos, buscamos referências teóricas na psicologia socioambiental, nos significados de espaço e lugar, na autopoiesis - teoria desenvolvida pelo biólogo e médico chileno, respectivamente, Humberto Maturana e Francisco Varela e em pesquisas científicas sobre a influência do ambiente construído na qualidade de vida e nas relações sociais e afetivas de seus habitantes.*

*A metodologia da pesquisa inclui entrevistas estruturadas, trabalhos de campo e, para melhor ilustração da apuração proposta, serão incluídas narrativas de autoconstrutores de baixa renda.*

### 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo, construído a partir de um recorte extraído da pesquisa da tese de doutorado que está sendo produzida pela autora, busca, através de bibliografia pertinente, uma reflexão sobre uma provável transformação no processo da autoconstrução de moradias de baixa renda<sup>104</sup>, resultante da aquisição do conhecimento com a capacitação técnica de seus moradores.

De forma a investigar a possibilidade da modificação que o conhecimento é capaz de produzir em espaços autoconstruídos, através de moradores capacitados tecnicamente, buscou-se referências teóricas na autopoíese, teoria desenvolvida pelo neurobiólogo chileno Humberto Maturana e pelo médico chileno Francisco Varela.

O conceito de autopoíese tem como ponto central a ideia básica de que a característica principal dos seres vivos é a autonomia e que todos os sistemas biológicos existentes se auto reproduzem, ou seja, os sistemas estão constantemente reproduzindo a si próprios. Maturana, (1980)

Na teoria desenvolvida por Maturana e Varela (1995), o conhecimento faz parte do desenvolvimento de todo ser vivo, e “[...] é um processo de armazenamento de informação sobre o mundo ambiente, e [...] o processo de viver é, portanto um conhecer como adaptar-se a este mundo adquirindo mais e mais informação sobre sua natureza.” Ainda, segundo os autores, o homem está num incessante processo de autoconstrução, num processo contínuo que só é interrompido com sua morte.

A busca de referências na teoria da autopoiese acontece com o propósito de compreender o processo da interação do homem com o meio e a interferência da estrutura interna, inerente ao homem, nessa interação.

Assim, a imperiosa necessidade de dar uma guinada, de promover uma transformação interna à “vivência da humanidade”, só terá sentido realista se se começar pela reflexão aplicada à própria transformação individual, pois todos nós contribuimos para que nosso mundo seja o que é: um mundo pelo qual cada dia é mais difícil sentir admiração e respeito, numa condição que, como bem sabemos, torna tudo ainda mais difícil. Maturana e Varela (1995). Grifo nosso.

## **2. A AUTOCONSTRUÇÃO DE MORADIAS E O ESPAÇO AUTOCONSTRUÍDO**

A partir da década de 90, a inadequação das moradias autoconstruídas vem sendo discutida. As habitações sociais autoconstruídas consideradas, atualmente, como uma forma consolidada de provisão de moradia, não são analisadas sob os aspectos do significado do lugar, das relações formadas e consolidadas pelo cotidiano de seus moradores. O Déficit habitacional no Brasil não é apenas quantitativo, ele é qualitativo e segundo o Ministério das Cidades (2007), 80% das habitações, das camadas mais pobres da sociedade, são construídas, por seus moradores e familiares, de forma improvisada e sem diálogos com o planejamento urbano e com o meio ambiente, trazendo sérias consequências para o individual e o coletivo.

Em sua pesquisa de 1995, a Fundação João Pinheiro-FJP introduziu o conceito da inadequação de domicílios. A inadequação inclui a avaliação dos aspectos relativos à qualidade construtiva da edificação, ao conceito de área mínima da moradia e dos cômodos e, ainda, critérios relativos ao ambiente no qual a moradia encontra-se inserida. A introdução desse novo conceito, na pesquisa do déficit habitacional, parte da premissa de que a construção de novas unidades habitacionais não é o único caminho para a provisão moradias e que políticas complementares devem ser implementadas.

O conceito de inadequação de moradias reflete problemas na qualidade de vida dos moradores que não se relacionam ao dimensionamento do estoque de habitações, e sim a especificidades internas desse estoque. Seu dimensionamento visa ao delineamento de políticas complementares à construção de moradias, voltadas à melhoria do estoque já existente FJP (2000).

Para Maricato (2009) a provisão de moradias é constituída a partir de diversas formas: a promoção, pública ou privada de casas ou apartamentos, a promoção privada de loteamentos, a autoconstrução em lote irregular ou favela.

A autoconstrução de moradias, segundo Maricato (1982) “é o processo de construção da casa (própria ou não) por seus moradores que podem ser auxiliados por parentes, amigos, vizinhos ou até por profissionais remunerados.” Para a autora, a autoconstrução não se restringe somente à construção de moradias, ela extrapola o limite habitacional para a construção de escolas, creches, igrejas, associações e centros comunitários e contribui com a produção do espaço urbano.

Parte considerável do espaço construído para população de baixa renda, nas cidades brasileiras, é resultado dos processos de autoconstrução. Segundo o Ministério das Cidades

(2009), esses processos, de um modo geral, acontecem sem orientação técnica e por execução por mão de obra não qualificada. As moradias, erguidas de forma improvisada (Figura 1) são, em sua grande maioria, localizadas em locais de risco e não atendidos por infraestrutura básica de serviços.



Figura 1. Contenção do terreno construída com corpos de prova de concreto.

O problema da moradia no Brasil, analisado por um prisma sociológico, de acordo com a Fundação João Pinheiro (2015), é um processo dinâmico e complexo, inserido em um panorama socioeconômico que se transforma e se modifica de acordo com a sociedade. Segundo a Fundação, o déficit habitacional não deve, por sua complexidade, ter uma abordagem *stricto sensu*.

### 3. A QUALIFICAÇÃO TÉCNICA NOS ESPAÇOS AUTO CONSTRUÍDOS

A experiência da autora como docente em cursos de capacitação de mão de obra para construção civil e cursos de formação técnica na área de edificações, tem revelado o grande interesse dos alunos na busca pelo conhecimento técnico, visando a melhoria de suas moradias e do espaço habitado ou ainda, dos trabalhadores autônomos, em busca por um incremento técnico à prática, por estes, exercida.

Com o decorrer dos cursos torna-se evidente a inquietação dos alunos na detecção dos erros construtivos presentes nos espaços habitados (Figura 2), na vizinhança e em suas moradias (Figura3).

Nos trabalhadores autônomos nota-se o cuidado na aplicação correta do conhecimento adquirido. São perceptíveis a valorização e o reconhecimento da importância desse saber adquirido e o orgulho expressado pelo benefício do saber.



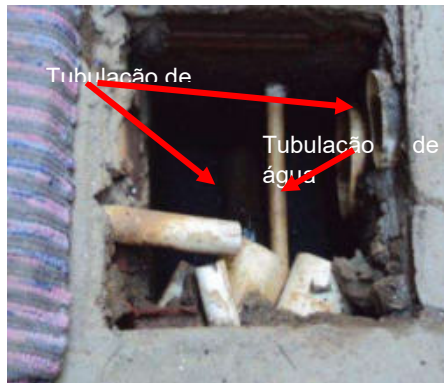


Figura 2. Caixa de passagem com tubulações de água e esgoto



Figura 3. Escada terminando na parede

O espaço construído, criado pelo homem, segundo Tuan (1983), apura a percepção humana e estabelece funções e relações sociais e, ainda, o espaço torna-se lugar a partir do significado a ele atribuído. O autor considera o lar e a cidade natal como os lugares íntimos onde a vida acontece e são “tantos quanto as ocasiões em que as pessoas verdadeiramente estabelecem contato.”

Considerado o tipo clima, a disponibilidade de certos materiais, as restrições da capacidade para determinado nível de tecnologia, o que finalmente decide a forma de uma habitação e molda os espaços e seus relacionamentos, é a visão que as pessoas têm da vida ideal, o meio ambiente procurado reflete muitas forças socioculturais, inclusive religiosas, crenças, estrutura familiar, grupo e organização social, modo de ganhar o sustento e as relações sociais entre indivíduos. É por isso que soluções são muito mais variadas do que as necessidades biológicas[...] construções e assentamentos são a visível expressão da importância relativa, atribuída aos diferentes aspectos da vida e a variedade de caminhos para perceber a realidade. Rapoport (1969) Tradução da autora. Grifo nosso.

A partir do conhecimento adquirido nos cursos de capacitação, muitos desses alunos, manifestam uma nova percepção em relação ao espaço habitado e executam melhorias em suas moradias, fazendo uso de revestimentos mais refinados (Figura 4) ou mesmo da utilização de peças sofisticadas, obtidas através de doações de seus patrões como uma banheira de hidromassagem (Figura 5), mas, apesar do conhecimento técnico adquirido, essas pessoas, devido aos vários tipos de dificuldades, continuam morando em locais precários, mas procuram, dentro do possível melhorar suas habitações e os espaços comunitários habitados.



Figura 4. Revestimento cerâmico imitando pastilhas.



Figura 5. Banheira de hidromassagem doada por cliente.



Analisando diversos tipos de experiência e conhecimento de povos primitivos, Tuan (1983) aponta que o “hábito embota a mente” e que o homem, ao construir, está um pouco mais consciente do que um animal que constrói através de seu instinto. Em sua concepção, as sociedades iletradas são conservadoras e seus abrigos sofrem poucas alterações com o passar do tempo, mas, paradoxalmente, essas sociedades possuem maior conhecimento sobre as formas de construção e de espaço o que, de acordo com autor, é devido a “participação ativa” – cada morador constrói a sua própria moradia e contribui em outras construções. Esse conhecimento para Tuan (1983) é fruto do esforço e obtido, também, pela repetição do mesmo tipo de construção, inúmeras vezes, ao longo da vida.

A “repetição do mesmo tipo de construção” citada por Tuan, remete à tipologia da autoconstrução nas habitações informais de baixa renda. A repetição do padrão acaba por representar, até por suas limitações, um processo construtivo próprio e consolidado nas camadas de baixa renda. Com a aquisição do conhecimento técnico, esses moradores, desenvolvem um questionamento em relação à forma de construir o espaço habitado.

[...] Então eu, como técnica, eu tenho muita pena disso, né? De um sair construindo não comunicar nada à Prefeitura, né? E também o espaço onde mora é pequeno, vai puxando um puxadinho daqui um puxadinho dali. A minha visão em relação a isso... é bem... eu fico bem triste, né? Porque, cada vez mais, estão ampliando mais, construindo mais e tá uma construção em cima da outra, uma pior que a outra, entendeu? Um usa o esgoto do outro, o outro usa o não sei que do outro, um apoia a viga no outro, então isso me incomoda demais.” (Narrativa de ex-aluna, técnica em Edificações, moradora de comunidade,(2017). Grifo nosso.

Em relação ao espaço, Rapoport (1969) complementa que desde de um tempo remoto, a casa se tornou mais do que um simples abrigo – parte passiva da habitação, ela possui o propósito da criação de um ambiente que seja mais adequado ao modo de vida e se torne uma unidade social do espaço.

Pallasmaa (2017), considera o ato de habitar como a forma de relação com o mundo, fazendo parte do ser e da própria identidade. Para o autor o habitante se molda ao espaço e este se “acomoda na consciência do habitante”, convertendo-se num prolongamento do seu ser, tanto físico como mental.

#### **4. O ESPAÇO AUTOCONSTRUÍDO E A AUTOPOIÉSE**

O conceito de autopoiese, proposto por Humberto Maturana e Francisco Varela, biólogo e médico respectivamente, é utilizado, atualmente, em diversos campos além do domínio da biologia. Áreas como a sociologia, a antropologia, a educação, administração e muitas outras, estão utilizando o conceito como um importante instrumento de estudo.

Maturana (1997), explica que somos seres sociais e, como tal, vivemos em constante conexão com outros seres, mas, de fato, somos indivíduos e viemos nosso cotidiano através de um conjunto contínuo e intransferível de experiências individuais que, segundo ele, é o dilema dos últimos duzentos anos.

Segundo Maturana (1997) um sistema social é um mecanismo biológico “que gera os sistemas que exibem, em sua operação, todos os fenômenos que observamos cotidianamente e reconhecemos como sistemas sociais.” Os seres vivos, inclusive os humanos, são sistemas determinados estruturalmente. De acordo com o autor, isso significa que todas as mudanças que ocorrem nessas estruturas são resultado de uma dinâmica estrutural interna e de suas interações com o meio, mas não são, por este, determinadas.

Os seres vivos, de acordo com a teoria autopoietica de Maturana (1980), se adaptam ao ambiente mantendo sua estrutura organizacional interna, desde que estejam em harmonia com este. Partindo dessa premissa pode-se considerar que todo ser vivo é um sistema

autônomo e possuidor de uma estrutura interna independente, que determina o seu comportamento a partir de suas experiências e da forma com que interpreta as influências que recebe do meio, mas, apesar de fechada, essa estrutura permite um entrar e sair de fluxos de interações desde que exista uma congruência estabelecida.

Se não se conserva o acoplamento estrutural entre organismo e meio, o organismo morre. Quer dizer, se não se dão as condições de possibilidade para que o ser vivo gere, realize e conserve seu nicho no meio, se o meio não se mostra estruturalmente acolhedor, o viver do ser vivo torna-se impossível. Ora, todos os seres vivos, absolutamente todos, transformamos o entorno do meio que nos acolhe, e vice-versa, numa relação de mútuo desencadeamento de transformações estruturais recíprocas. Moraes (2002).

Na teoria da autopoiese de Maturana e Varela, os seres vivos são verdadeiros redemoinhos, geradores de componentes que estão, de forma contínua, se produzindo e se auto organizando até que morram. Esse dinâmico processo de construção e reconstrução faz com que o sistema social esteja em constante mudança estrutural. O sistema social, segundo os autores, depende da identidade de seus componentes.

No caso de qualquer ser vivo, o acoplamento estrutural ocorre nas mais diversas circunstâncias, como expressão do modo de ser biológico e surge, para quem observa, como uma adesividade biológica ao meio. No caso do ser humano é essa adesividade, gerada pelos diferentes tipos de relações com o outro, que seria responsável pela socialização humana. É a conservação dessa adesividade que garante o fundamento do social, bem como a identidade de cada sistema social que, por sua vez, depende da identidade de classe dos seres vivos que o integra. Maturana, apud Moraes (2002).

A autoconstrução em assentamentos populares, já em sua origem e por sua forma colaborativa de execução, através de trocas de experiências e conhecimento dos colaboradores gera, entre seus participantes, relações sociais e afetivas. Familiares, amigos e vizinhos se empenham para a execução de uma construção de uso individual ou coletivo - no caso de escolas, creches e outros, formando, desde então, um sistema social. Os assentamentos populares de moradias autoconstruídas, devido às suas características de proximidade e semelhança, acabam por formar campos de relações afetivas e sociais.

Através da aquisição de conhecimento técnico, esses moradores começam a distinguir falhas e a perceber desconfortos que, anteriormente, passavam despercebidos. A relação com espaço habitado passa a ser protagonista de críticas em relação as soluções adotadas, mas as relações sociais, ali desenvolvidas, parecem não sofrer abalos e, ao contrário, nascem atitudes mais colaborativas e a preocupação com o espaço criado parece ficar mais evidente.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A visão socioambiental da autoconstrução exige uma pesquisa, além de mais holística, de maior aprofundamento sobre o seu emprego a partir da aquisição de um conhecimento mais técnico. A integração com ambiente, aliada à produção de conhecimento não modifica a essência da organização pois, na teoria da autopoiese a concepção do limite é fundamental, dentro do limite de uma célula ocorrem muitas transformações e reações, mas apesar de todas as transformações e reações químicas, a estrutura organizacional é mantida mesmo existindo uma troca de elementos com o ambiente.

Dentro da argumentação no contexto biológico, base da teoria da autopoiese, cabe uma reflexão mais acentuada sobre a percepção do ambiente autoconstruído, a partir do conhecimento adquirido em cursos profissionalizantes. O conhecimento, apesar da autonomia do ser vivo, não é resultado somente de uma capacidade individual, mas está imbricado com a interação com o meio, com a maneira como este é percebido e com o

significado que a ele é atribuído. Apesar da autonomia dos seres humanos, a interação com o meio é capaz de provocar mudanças estruturais constantes e o próprio conhecimento adquirido vem dessa interação. Sem interação, segundo a teoria, não há conhecimento.

No campo da autoconstrução em grupamentos de baixa renda, vale ressaltar que a capacitação de moradores é um elemento modificador no sistema da autoconstrução e na rede social desses agrupamentos, inserindo modificações relevantes à essas estruturas não só na configuração espacial como nas relações sociais desenvolvidas e na interação com o ambiente construído.

Fica entendido que a não consideração das interações geradas entre os seres vivos e o meio ambiente, em relação à maneira que esses percebem o mundo, resulta na desconsideração dos limites biológicos, da influência dos fatores históricos e das características culturais, elementos que influenciam e contribuem no processo cognitivo de todos os seres.

Dada a subjetividade do tema e a transdisciplinaridade da autoconstrução, a pesquisa de tese buscará, no cotidiano de moradores auto construtores capacitados e, principalmente através de suas narrativas em entrevistas estruturadas, informações necessárias para respostas à hipótese formulada, na qual acredita-se na possibilidade de que o conhecimento adquirido pela capacitação, somado ao conhecimento assimilado em seus cotidianos, possa influenciar, ou até modificar, o espaço autoconstruído, as relações sociais nele desenvolvidas e as percepções em relação ao espaço habitado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil, Ministério das Cidades. (2007). *Experiências em habitação de interesse social no Brasil*.
- \_\_\_\_\_ (2004). *Política Nacional de Desenvolvimento Urbano*.
- \_\_\_\_\_ (2009). *Ações Integradas de Urbanização de Assentamentos Precários, Brasília/São Paulo: Ministério das Cidades/Aliança de Cidades*.
- FJP, Fundação João Pinheiro. (2015). *Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012*. 2015.
- \_\_\_\_\_ (2000). *Déficit Habitacional no Brasil: municípios selecionados e micro regiões geográficas*. Belo Horizonte : Editora CEI/FJP.
- Carvalho, Maria Cecília M. de (org.), 1988. *Construindo o saber: técnicas de metodologia científica/ Campinas, SP, Editora Papirus*.
- Maricato, E. (1982). *Autoconstrução, a arquitetura possível: A produção capitalista da casa (e da cidade) no Brasil Industrial*. São Paulo: Ed. Alfa-Ômega, pp. 71-93.
- \_\_\_\_\_ (2009). *Por um novo enfoque teórico na pesquisa sobre habitação, Cadernos da Metrópole 21 pp. 33-52*.
- Maturana, R. H. (1980). *Autopoiesis, dissipative structures and spontaneous social orders, AAAS Selected Symposium National Annual Meeting, Houston, USA. Disponível em: <http://cepa.info/552> Acesso em: 30/abril/2018*.
- \_\_\_\_\_ (1995). *La realidad: ¿Objetiva o construída? Barcelona: Anthropos; México: Universidad Ibero americana; Guadalajara (México): Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO)*.
- MATURANA, R. Humberto; VARELA, G. Francisco, (1997). *De Máquinas e Seres Vivos: autopoiesé – a organização do vivo*. 6ª ed. Grupo editorial Lumen.
- Moraes, M. C. (2002). *O social sob o ponto de vista autopoietico*. PUC SP.
- Pallasmaa, J.(2017). *Habitar, Barcelona, Espanha: Editorial Gustavo Gili, SL*.
- Rapoport A. (1969). *Environments and peoples in House Formand Culture (p.46-82), Foundations of Cultural Geography Series*.

---

- Tuan, Y. (1983). *Espaço e Lugar: A perspectiva da experiencia*. Tradução de Livia de Oliveira, São Paulo, DIFTEL.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Os agradecimentos vão para os queridos alunos que, apesar de todas as dificuldades para frequentarem e concluírem o curso profissionalizante, foram os maiores inspiradores, fornecendo informações e colocando-se à disposição, sem restrição, na colaboração para o desenvolvimento desta pesquisa de doutorado. Agradecemos também à CAPES, uma vez que o PROARQ – Programa de Pós-graduação em Arquitetura, é apoiado pelo PROEX – Programa de Excelência Acadêmica.

## DECLARAÇÕES AMBIENTAIS DE PRODUTO DE MATERIAIS DE MADEIRA - UMA REVISÃO

*Anna Claudia Fischer (fischerannaclaudia@gmail.com); Renata do Prado Leite (renatapleite@outlook.com); Ana Sofia Marin (anasofia.marin@hotmail.com); Sérgio Fernando Tavares (sergioftavares@gmail.com)*

Universidade Federal do Paraná, Curso de Arquitetura e Urbanismo (UFPR-CAU) - Brazil  
Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (UFPR-PPGECC) - Brazil

**Palavras chave:** EPDs, avaliação do ciclo de vida, materiais de construção, potencial de aquecimento global, sequestro de carbono.

*A avaliação dos impactos causados pelos materiais utilizados na indústria da construção através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é importante para a geração de informações quanto ao perfil ambiental de tais produtos de forma normatizada. Os impactos quantificados por estes estudos podem ser comunicados através das Declarações Ambientais de Produto (EPDs). No contexto da construção civil, os materiais de madeira apresentam vantagens ambientais em relação a outros materiais convencionalmente utilizados no setor. Neste sentido, a disponibilização de EPDs destes materiais é relevante para que os usuários obtenham mais informações sobre os produtos e façam melhores escolhas. O objetivo deste estudo foi de buscar referências de impactos relacionados à produção de alguns materiais de madeira empregados na construção civil através de EPDs, bem como discutir as principais diferenças nas abordagens tomadas no desenvolvimento destes documentos e as limitações da sua utilização para escolha de materiais através de seus perfis ambientais. Para isso, este artigo traz um levantamento e análise de 25 EPDs de materiais como: madeira serrada, oriented strand board (OSB), madeira laminada colada (MLC), madeira compensada, cross laminated timber (CLT) e laminated veneer lumber (LVL). A partir da análise das EPDs de materiais similares nota-se que, mesmo considerando as mesmas fases de produção dos materiais, os resultados para o impacto GWP reportados apresentam grande variação. Ainda que as EPDs sejam uma maneira padronizada e verificada de quantificar os impactos ambientais de materiais, os documentos analisados têm comparabilidade limitada e, portanto, a necessidade de harmonização dos critérios utilizados no desenvolvimento das EPDs é discutida.*

### 1. INTRODUÇÃO

Materiais de construção são responsáveis por emissões cumulativas de CO<sub>2</sub> e a energia proveniente de combustíveis fósseis é utilizada em cada fase do seu ciclo de vida (Heywood, 2017). Diante da representatividade do consumo de recursos, bem como dos resíduos e emissões de gases de efeito estufa (GEE) gerados pela construção civil, a promoção e a manutenção da sustentabilidade no setor é primordial.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um sistema de produto através do inventário dos fluxos de entrada e saída de matéria e energia durante o seu ciclo de vida (ABNT, 2009). Uma forma de comunicar os dados de estudos de ACV é através dos rótulos ambientais do tipo III, ou Declarações Ambientais de Produto – do termo em inglês, *Environmental Product Declarations* (EPDs). As EPDs são documentos que apresentam informações ambientais quantificadas sobre o ciclo de vida de um produto em um formato comum, definido nas diretrizes da norma ISO 14025, e com base em regras comuns, conhecidas como Regras de



Categoria de Produto - do termo em inglês, *Product Category Rules* (PCRs). As PCRs compõem um conjunto de regras, requisitos e diretrizes para o desenvolvimento de EPDs. Para cada categoria de produto as PCRs definem o escopo da EPD, incluindo objetivo e escopo da ACV a ser desenvolvida, a fases do ciclo de vida a serem incluídos, os parâmetros a serem abordados, e a maneira que as informações devem ser coletadas e reportadas, entre outras especificações (ISO, 2006). Os programas de EPD são administrados por um operador de programa, responsável, entre outras atividades, pelo desenvolvimento, publicação e manutenção de PCRs, garantir que os requisitos da EPD sejam seguidos, bem como selecionar revisores competentes para a verificação das EPDs e PCRs (ISO, 2006). Na Tabela 1, estão indicados os principais documentos e diretrizes utilizados no desenvolvimento de uma EPD.

Tabela 1. Diretrizes e documentos utilizados no desenvolvimento de uma EPD (Fonte: Adaptado de Environmental Product Declarations: Standards & Process, 2017).

Documento	Objetivo
PCR	Estabelece regras para o desenvolvimento de EPDs de uma ou mais categorias de produto.
ISO 14025	Estabelece os procedimentos para desenvolver uma EPD.
ISO 14040	Estabelece diretrizes par o desenvolvimento de estudos de ACV.
ISO 14044	Define como as ACVs são revisadas.
ISO 21930 e EN 15804	Estabelece diretrizes para desenvolver uma EPD especificamente para produtos e serviços da construção.

Há limitações com relação à comparabilidade de EPDs. A norma ISO 14025 (2006) indica os requisitos e condições para a comparação entre EPDs diferentes. Para uma comparação válida entre dois produtos, alguns critérios devem ser cumpridos, entre eles: a unidade funcional das duas EPDs devem ser as mesmas ou passíveis de ser convertidas; os impactos ambientais reportados devem ser referentes à mesma fronteira de ACV ou então reportados separadamente de forma modular; todas as informações relativas à comparabilidade exigidas pela ISO 14025 devem estar inclusas em ambas as EPDs, incluindo a descrição do produto, indicação da PCR utilizada, data de publicação, validade do documento, dados de ACV, lista de materiais e substâncias envolvidas na declaração, bem como quais estágios do ciclo de vida não estão considerados na ACV; os critérios de corte devem ser idênticos em porcentagem de massa, energia ou impactos a serem excluídos dos cálculos (Gelowitz; Mcarthur, 2017).

Os materiais de madeira apresentam vantagens ambientais em relação a produtos alternativos, pois os seus processos de fabricação requerem menor uso de combustíveis fósseis do o que materiais de construção alternativos como concreto, metais ou plástico. Além disso, a madeira é composta de carbono que é capturado da atmosfera durante o crescimento das árvores (Bergman et al., 2014). Dessa forma, considerando a utilização da madeira como um material de construção para fins duráveis, a disponibilização de EPDs que relatem o perfil ambiental destes produtos é interessante.

São poucos os trabalhos científicos de revisão envolvendo EPDs, e os autores do presente estudo não têm conhecimento de estudos de revisão envolvendo EPDs de materiais de madeira especificamente. Neste sentido, este artigo traz um levantamento e análise de declarações ambientais de produto (EPDs) de alguns materiais engenheirados de madeira como madeira serrada, *oriented strand board* (OSB), madeira laminada colada (MLC), madeira compensada, *cross laminated timber* (CLT) e *laminated veneer lumber* (LVL).

## 2. OBJETIVOS

Este estudo envolve o levantamento de EPDs de alguns materiais de madeira empregados na construção civil com objetivo de buscar referências de dados de impacto de potencial de aquecimento global oriundos de seus processos produtivos, bem como discutir as principais diferenças nas abordagens e considerações envolvidas no desenvolvimento destes documentos e as limitações da utilização destes na escolha de materiais através de seus perfis ambientais.

## 3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

O método de pesquisa deste estudo envolveu o levantamento das EPDs de materiais de madeira. Para isso, primeiramente foi utilizada a ferramenta de busca Google, com o objetivo de encontrar programas de EPDs ou instituições que disponibilizassem este tipo de documento. Dentre os *websites* encontrados, naqueles em que havia uma plataforma de busca por EPDs, foram utilizadas as seguintes palavras-chave na pesquisa: “wood”, “timber”, “CLT”, “LVL”, “Glulam”, “OSB”, “Plywood”, “woodpanels”. Nos sites em que não havia uma plataforma de busca, mas que disponibilizavam uma relação de EPDs para consulta, a busca pelas mesmas palavras foi conduzida de forma visual.

Documentos disponibilizados que não apresentavam as informações obrigatórias a EPDs e exigidas pelas ISO 14025 (como indicação da PCR utilizada, data de publicação, validade do documento, tipo de verificação, entre outros), bem como EPDs publicadas em outras línguas que não o inglês foram descartados. O levantamento de EPDs foi conduzido até dia 10 de agosto de 2018. Utilizando-se os parâmetros de pesquisa supracitados, foram levantadas 25 EPDs. Os sites e plataformas em que foram encontradas EPDs referentes à pesquisa estão listados na Tabela 2.

Tabela 2. Sites e plataformas utilizadas na busca (Fonte: os autores).

Fontes de EPDs	URL
American Wood Council	<a href="https://www.awc.org/sustainability/epd">https://www.awc.org/sustainability/epd</a>
The International EPD System	<a href="https://www.environdec.com/EPD-Search/">https://www.environdec.com/EPD-Search/</a>
FP Innovations	<a href="https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx">https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx</a>
EPD Norge	<a href="http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&amp;offset873=0">http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&amp;offset873=0</a>
EPD Ireland	<a href="https://www.igbc.ie/epd-search/">https://www.igbc.ie/epd-search/</a>

Não foram encontradas EPDs para materiais de construção de madeira brasileiros. No Brasil, a disponibilidade de EPDs de materiais nacionais é muito limitada. Atualmente existem apenas 12 EPDs registradas no International EPD System (EPD Brasil, 2018).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Características das EPDs levantadas

Considerando os 25 documentos levantados para este estudo, na Tabela 3 estão apresentados dados resumidos de caracterização das EPDs analisadas. Para melhor visualização das diferenças entre os documentos, neste primeiro momento, as EPDs estão separadas pelas fontes de onde foram obtidas.

Na Tabela 3 observa-se que as EPDs levantadas são provenientes de 6 operadores de programa diferentes, e são baseadas em 5 PCRs diferentes. Todos os documentos analisados declaram serem baseados em pelo menos duas diretrizes normativas. No que tange os procedimentos para desenvolvimento da EPD, todos os documentos levantados

seguem a norma ISO 14025. No que se refere aos procedimentos para desenvolver EPDs especificamente para materiais de construção, algumas seguem a norma ISO 21930, outras a norma EN 15804, e algumas indicam seguir ambas. Ainda que não indicado na Tabela 3, dentre todas as EPDs, 24 delas declaram ter passado por verificação externa, e apenas uma, número 14, por verificação interna.

Tabela 3. Caracterização das EPDs selecionadas para o estudo (Fonte: os autores).

Nº	Material	Fonte da EPD	Operador do Programa de EPD	Classificação	PCR declarada	Diretrizes normativas utilizadas	Referência
1	MLC			G	<i>FP Innovations: 2011. PCR for preparing an Environmental Product Declaration for North American Structural and Architectural Wood Products, Version 1.</i>		EPD (2013a)
2	LVL	American Wood Council (AWC) e Canadian Wood Council (CWC)	UL Environment	G			EPD (2013b)
3	OSB			G		ISO 14025/ ISO 21930	EPD (2013c)
4	Madeira compensada			G			EPD (2013d)
5	Madeira serrada de conífera			G			EPD (2013e)
6	MLC			G			EPD (2017a)
7	Madeira compensada		The Australasian EPD Programme Ltd	G	<i>International EPD System - PCR 2012:01</i>		EPD (2015a)
8	Madeira serrada de conífera	The International EPD System		G	–	ISO 14025/ EN 15804	EPD (2015b)
9	Madeira serrada de folhosa			G	<i>Construction products and construction services - Version 2.2 (EN 15804).</i>		EPD (2015c)
10	CLT		EPD International AB	E			EPD (2018a)
11	Madeira compensada			E			EPD (2017b)
12	MLC			E	<i>FP Innovations: 2011. North American Structural and Architectural Wood Products, Version 1.</i>		EPD (2013f)
13	CLT	FP Innovations	FP Innovations	E		ISO 14025/ ISO 21930	EPD (2013g)
14	CLT			E			EPD (2013h)
15	Madeira serrada de folhosa			G			EPD (2016a)

Obs.: G=genérica; E=específica.

Nº	Material	Fonte da EPD	Operador do Programa de EPD	Classificação	PCR declarada	Diretrizes normativas utilizadas	Referência
16	CLT			E	<i>CEN Standards EN 15804/ EPD</i>		EPD (2017c)
17	MLC			E	<i>Norge - Product-category rules</i>	ISO 14025/	EPD (2016b)
18	Madeira serrada aparelhada	EPD Noruega	The Norwegian EPD Foundation	G	<i>NPCR 015 rev1 - Wood and wood-based products for use in construction.</i>	ISO 14025/ ISO 21931/ EN 15804	EPD (2015d)
19	Madeira serrada aparelhada			G			EPD (2015e)
20	OSB			E			EPD (2018b)
21	OSB			E			EPD (2018c)
22	OSB	EPD Ireland	Irish Green Building Council	E	<i>EPD Ireland - PCR Part A (EN 15804 como PCR principal).</i>	ISO 14025/ EN 15804 +A1	EPD (2018d)
23	OSB			E			EPD (2018e)
24	OSB			E			EPD (2018f)
25	OSB			E			EPD (2018g)

Obs.: G=genérica; E=específica.

As EPDs foram classificadas como específicas ou genéricas. As específicas se referem a um fabricante que conduziu um estudo de ACV específico para processo de fabricação e desenvolve uma EPD específica do seu produto/marca. As EPDs genéricas são aquelas que envolvem um grupo da indústria, representando vários fornecedores de um tipo de produto com o objetivo de reportar dados médios.

#### 4.2. Estudos de ACV e potencial de aquecimento global

Na Tabela 4 estão apresentadas as principais características dos estudos de ACV que deram origem às EPDs levantadas, como por exemplo, a fronteira considerada no estudo, unidade funcional declarada e, quando indicados, os métodos de avaliação de impacto e software utilizados. Também estão apresentados o impacto de potencial de aquecimento global – do termo em inglês, *Global Warming Potential (GWP)* - e o sequestro de dióxido de carbono pelo material de madeira, quando informado. O impacto GWP foi o escolhido para análise neste estudo por ser a categoria para a qual a construção civil tem grande parcela de contribuição, além de ser o impacto sobre o qual os materiais de madeira apresentam potencial de mitigação através da absorção de dióxido de carbono no processo de crescimento das árvores que servem matéria-prima para a produção dos materiais.

Na Tabela 4, as EPDs estão separadas por tipo de material e identificadas através de números que podem ser referenciados na Tabela 3. Ainda que as fronteiras dos estudos de ACV indicadas nos documentos sejam diferentes, os dados do impacto GWP reportados na Tabela 4 são todos relativos à fronteira *cradle-to-gate* ou módulos A1-A3, pois todas as EPDs que apresentavam impactos além da fronteira *cradle-to-gate* eram baseadas na

norma europeia EN 15804 e, portanto, adotavam a representação modular do ciclo de vida, permitindo a obtenção dos dados de impacto separadamente para cada fase.

Na Tabela 4, observa-se que as fronteiras adotadas pelos estudos de ACV são diferentes, inclusive ao informar quais são os limites do sistema (modular ou não-modular). Ainda com relação às fronteiras dos estudos, deve-se ressaltar que as EPDs genéricas, por utilizarem dados oriundos de mais um fabricante, apresentam dados médios de impactos para um tipo de produto, e representam uma parcela de mercado e uma cobertura geográfica determinada.

A principal unidade funcional adotada para reportar os impactos é o metro cúbico ( $m^3$ ), com algumas exceções, como para o material 7 ( $m^2$ ), e para os materiais 20-25 (tonelada).

A maioria das EPDs utilizam dados primários para o processo de fabricação dos materiais em questão, e dados secundários provenientes de bases de dados como USLCI, Gabi, Ecoinvent e ELCD para os processos auxiliares ou *upstream* como produção de energia, produção de matérias primas ou processo de transporte. Ainda, as EPDs dos operadores de programa The Australasian EPD Programme e FP Innovations indicam ter utilizado EPDs para madeira serrada desenvolvidas anteriormente como fonte de dados para EPDs de produtos mais beneficiados do que a madeira serrada.

No que tange a avaliação de impactos do ciclo de vida utilizado, 10 das EPDs indicaram o método utilizado, sendo que 8 aplicaram o método TRACI, 1 aplicou o método CML, e 1 reportou impactos gerados para ambos os métodos TRACI e CML separadamente. As outras 15 EPDs não indicaram o método de avaliação utilizado. Deve-se enfatizar que, tanto o método TRACI quanto CML se tratam de métodos *midpoint* quanto ao nível de avaliação de impacto (Mendes; Bueno; Ometto, 2016).

O impacto de potencial de aquecimento global foi subdividido em GWP de origem fóssil, GWP de origem biogênica e GWP total, pelo fato de alguns documentos reportarem tal impacto desta forma. No entanto, nem todas as EPDs analisadas faziam esta distinção.

Com relação ao sequestro de carbono pelo material, quando indicado pelos documentos analisados, este foi informado na Tabela 4. A consideração ou não do sequestro de carbono no balanço de impacto GWP reportado na Tabela 4 está indicada na última coluna de observação. Algumas EPDs analisadas envolviam mais de um tipo de material, variando em gênero de madeira, nível de beneficiamento, ou ainda materiais que apresentavam variação em dimensão, como as chapas de madeira compensada. Neste último caso, selecionou-se um tipo de chapa para reportar o impacto, e nos outros casos as variações de materiais estão indicadas na Tabela 4.



Tabela 4. Escopo da ACV e potencial de aquecimento global (GWP) (Fonte: os autores).

Nº	Tipo de produto	Fronteira	Unidade Funcional declarada	Método de avaliação de impacto	GWP fóssil (KgCO <sub>2</sub> eq)	GWP biogênico (KgCO <sub>2</sub> eq)	GWP total (KgCO <sub>2</sub> eq)	Sequestro de carbono (KgCO <sub>2</sub> eq)	Sequestro de carbono considerado no balanço de impactos no GWP?
1	MLC	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	197,7	- 964,28	N - informação adicional
6	MLC	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m <sup>3</sup>	NI	380 (C); 527 (F)	-992 (C); -935 (F)	-612 (C); -480 (F)	-1017 (C); -1118 (F)	S - quantidade também indicada separadamente
12	MLC	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	113,24	-764,56	N -informação adicional
17	MLC	<i>cradle-to-gate</i> + transporte médio ao consumidor (módulos A1, A2, A3 e A4)	1 m <sup>3</sup>	NI	-	-	62	-718	N -informação adicional
5	Madeira serrada de conífera	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	72,64	-794,88	N - informação adicional
8	Madeira serrada de conífera	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m <sup>3</sup>	NI	128 (SE); 183 (SAE);	-887 (SE); -882 (SAE);	-760 (SE); -699 (SAE);	-900 (C-SAE)	S - quantidade também indicada separadamente
9	Madeira serrada de folhosa	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m <sup>3</sup>	NI	151 (SF); 209 (SE); 327 (SAE)	-1000 (SF); - 1100 (SE); -1060 (SAE);	-851 (SF); -888 (SE); -731 (SAE)	-1220 (F-SAE)	S - quantidade também indicada separadamente
15	Madeira serrada de folhosa	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI e CML – <i>midpoint</i> (reportados separadamente)	-	-	54,69 (SF); 68,16 (SSE)	-1055,7 (SF); -1174,84 (SSE)	N -informação adicional
18	Madeira Serrada aparelhada	Todos os módulos - exceto B1 - inclusos <i>cradle-to-gate</i> + opções de final de vida	1 m <sup>3</sup>	NI	-	-	-607	-660	S - quantidade também indicada separadamente
19	Madeira Serrada aparelhada	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final de vida (módulos A1, A2, A3, C2, C3, C4 e D)	1 m <sup>3</sup>	NI	-	-	-672	-715	S - quantidade também indicada separadamente

Obs. 1: NI- não indicado; C – coníferas (softwood); F – folhosas (hardwood); SF – madeira serrada fresca; SE – madeira serrada seca em estufa; SAE- madeira serrada, aparelhada e seca em estufa; S-sim; N-não.

Nº	Tipo de produto	Fronteira	Unidade Funcional declarada	Método de avaliação de impacto	GWP fóssil (KgCO <sub>2</sub> eq)	GWP biogênico (KgCO <sub>2</sub> eq)	GWP total (KgCO <sub>2</sub> eq)	Sequestro de carbono (KgCO <sub>2</sub> eq)	Sequestro de carbono considerado no balanço de impactos no GWP?
2	LVL	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	201,80	-979,11	N - informação adicional
4	Madeira compensada	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	129,77	-881,12	N - informação adicional
7	Madeira compensada	<i>cradle-to-gate</i> + opções de final da vida (módulos A1, A2, A3, C3, C4 e D)	1 m <sup>2</sup>	NI	3,08 a 10,8* (8,95 para placa de 17 mm)	-5,4 a -19,3* (-13,2 para placa de 17 mm)	-2,32 a -8,4* (-4,22 para placa de 17 mm)	-14 (para placa de 17 mm)	S - quantidade também indicada separadamente
11	Madeira compensada	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 m <sup>3</sup>	CML IA 4.1 - <i>midpoint</i>	-	-	304 a 737 (304 a 509 para placa de 15 mm) <sup>o</sup>	média de -656	N - informação adicional
10	CLT	<i>cradle-to-grave</i> (todos os módulos)	1 m <sup>3</sup>	NI	-	-	-685,53	-	S - quantidade não indicada
13	CLT	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	70,52	-764,56	N - informação adicional
14	CLT	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	89,80	-764,56	N - informação adicional
16	CLT	<i>cradle-to-grave</i> (todos os módulos)	1 m <sup>3</sup>	NI	-	-	140	-708	N - informação adicional
3	OSB	<i>cradle-to-gate</i>	1 m <sup>3</sup>	TRACI 2 - <i>midpoint</i>	-	-	248,30	-1098,94	N - informação adicional
20	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	304,61	-1379,38	N - informação adicional
21	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	376	-1379,38	N - informação adicional
22	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	355	-1379,38	N - informação adicional
23	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	425	-1379,38	N - informação adicional
24	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	562	-1379,38	N - informação adicional
25	OSB	<i>cradle-to-gate</i> (módulos A1, A2 e A3)	1 tonelada	NI	-	-	661	-1379,38	N - informação adicional

Obs. 1: NI- não indicado; C – coníferas (softwood); F – folhosas (hardwood); SF – madeira serrada fresca; SE – madeira serrada seca em estufa; SAE- madeira serrada, aparelhada e seca em estufa; S-sim; N-não; \*variação devido à diferentes espessuras; °variação devido ao tipo de cola.

## 5. DISCUSSÃO

Através da análise das EPDs levantadas, percebe-se que as fronteiras consideradas nos estudos de ACV que as deram origem são heterogêneas e, ainda que as fronteiras ou módulos sejam declarados, alguns documentos não deixam claros os limites das ACVs de fato. Por exemplo, algumas EPDs indicam o berço como as operações florestais que antecedem a colheita da madeira, enquanto outras, ainda que indiquem o berço como fronteira inicial, através da leitura detalhada, nota-se que as análises partem da colheita da madeira na floresta. Ainda há os documentos que indicam o “consumo de matérias primas” como berço, não ficando claro se a fronteira parte das operações de extração ou simplesmente de onde se inicia o beneficiamento da madeira. Portanto, o entendimento com relação aos limites de entrada contabilizadas nos sistemas é, em algumas situações, de difícil interpretação.

A partir da divisão dos dados levantados por tipo de produto nota-se que, apesar de os impactos apresentados na Tabela 4 serem relativos a fronteiras similares e, portanto, fases de produção similares - *cradle-to-gate* ou módulos A1-A3 - os valores são bastante variáveis. Além das características dos materiais e seus processos de fabricação, as diferenças quanto às PCRs utilizadas, as fronteiras das ACVs que deram origem aos documentos, os critérios de alocação dos fluxos de matéria e energia, os dados secundários utilizados, bem como o método de avaliação de impacto utilizado são fatores que contribuem para a heterogeneidade de resultados. Sabe-se que as EPDs analisadas têm comparabilidade limitada por serem baseadas em PCRs diferentes, bem como pelos quesitos de comparabilidade mencionados anteriormente na introdução.

Com relação ao material OSB, foram levantadas EPDs provenientes de 2 operadores de programa. Os últimos 6 resultados (materiais 20-25) para impacto GWP reportados são provenientes do mesmo fabricante, e nota-se que a variação do impacto GWP chega a ser maior que o dobro entre os materiais. Neste caso, considerando que as EPDs foram desenvolvidas pelo mesmo operador de programa e com base na mesma PCR, pode-se inferir que as diferenças nos impactos estão atreladas principalmente à composição dos materiais e seus processos de fabricação.

Para madeira serrada percebe-se que parte da discrepância entre os resultados para o impacto deve-se ao nível de processamento do material, já que são apontados impactos para madeira serrada fresca (SF), seca em estufa (SE), aparelhada e seca em estufa (SAE). No entanto, ao comparar as EPDs 8 e 9, ambas provenientes do mesmo programa de EPD e referentes a madeira serrada com o mesmo nível de beneficiamento, nota-se grande diferença nos impactos para madeira de espécies coníferas e folhosas. Para madeira serrada seca em estufa (SE) a variação de GWP fóssil é entre 128 e 209 KgCO<sub>2eq</sub>, e para madeira serrada aparelhada e seca em estufa (SAE) a variação é entre 183 e 327 KgCO<sub>2eq</sub> entre coníferas e folhosas, respectivamente.

Os impactos GWP reportados para MLC são os que apresentam maior variação. Em relação ao material 6, é possível fazer a mesma observação anterior quanto às MLCs de coníferas e folhosas, sendo o GWP fóssil gerado na produção de MLC de folhosas maior do que o gerado por coníferas (527 e 380 KgCO<sub>2eq</sub>, respectivamente). Já os resultados para CLT foram menos discrepantes em relação aos outros materiais. Neste caso, também não foi possível apontar as possíveis razões para as diferenças.

O impacto GWP apontado para madeira compensada (materiais 4, 7, 11) aborda unidades funcionais diferentes. Observa-se que os resultados de GWP para o material 7 por si só já apresentam grande variação decorrente dos vários tipos de placas de madeira compensada, com espessura, número de camadas e aplicação de adesivos diferentes.

Ainda com relação a diferenças de abordagem tomadas pelas EPDs analisadas, outro fator que foi considerado de forma heterogênea foi o tratamento do carbono biogênico e do estoque de carbono nos materiais. Dentre as EPDs analisadas, todas elas fazem algum tipo de consideração ou observação quanto ao carbono estocado nos materiais. As EPDs que utilizaram um escopo '*cradle-to-grave*' ou um escopo '*cradle-to-gate* + opções de final de vida' contabilizaram o sequestro de carbono como uma contribuição negativa perante o indicador de impacto GWP, sendo que em todas estas EPDs os impactos estão apresentados de forma modular, e o sequestro de carbono é contabilizado na fase A1-A3. Igualmente, as emissões referentes às opções de final de vida são consideradas em seus devidos módulos. Todas as EPDs que utilizaram um escopo *cradle-to-gate* apresentam o estoque de carbono como informação adicional e em sessão separada.

A opção de contabilizar ou não o estoque de carbono no impacto GWP reportado nas EPDs depende da PCR, da diretriz normativa adotada, bem como da fronteira da ACV considerada para reportar os impactos. De acordo com a PCR FPInnovations (2015), por exemplo, apenas EPDs que tenham um escopo *cradle-to-grave* podem contabilizar o estoque de carbono no impacto GWP, pois é possível contabilizar emissões durante todo o ciclo de vida do produto, inclusive o destino final deste carbono. Em EPDs cuja fronteira é *cradle-to-gate* isso não é usual pois, neste caso não são feitas considerações com relação ao final de vida do produto, sendo possível indicar o estoque de carbono, bem como o impacto GWP líquido em um balanço de carbono equivalente em uma seção separada de informações adicionais (FPINNOVATIONS, 2015). Independentemente da consideração ou não do estoque de carbono nos impactos, percebe-se a partir dos dados indicados na Tabela 4 que o carbono estocado nos materiais de madeira é consideravelmente maior do que as emissões GEE geradas no processo de fabricação, ou seja, os produtos absorvem mais CO<sub>2eq</sub>, de que as emissões GEE de sua produção até o portão da fábrica.

Através do presente estudo, percebe-se que é difícil identificar a razão da grande variação de impactos apresentadas para materiais similares - se estas variações se devem à composição dos materiais, seus processos de fabricação, ao escopo e abordagem dos estudos de ACV desenvolvidos para reportar os dados, ou então devido às diretrizes preconizadas pelas diferentes PCRs em que as EPDs foram baseadas. Estes fatos prejudicam as comparações de EPDs e este fato reforça a necessidade de esforços para tornar as PCRs comparáveis, conhecido como harmonização, como já apontado em estudos por Gelowitz e McArthur (2017), e Ingwersen e Stevenson (2012).

Gelowitz e McArthur (2017), em um estudo de levantamento de 50 EPDs envolvendo 13 PCRs e 3 categorias de produto diferentes, perceberam que a falta de harmonização entre PCRs e a baixa qualidade das PCRs limitaram a comparabilidade entre EPDs nas mesmas categorias e até mesmo entre EPDs desenvolvidas com base em uma mesma PCR. Ainda observaram que é possível notar incomparabilidade até mesmo entre EPDs baseadas na mesma PCR, o que não deveria acontecer, já que a norma ISO 14025 menciona que EPDs baseadas na mesma PCR são comparáveis. No entanto, o processo de harmonização é um desafio. Ingwersen e Stevenson (2012) afirmam que, devido à diversidade de abordagens para ao desenvolver estudos de ACV de sistemas de produtos, a harmonização de PCRs dificilmente ocorrerá sem esforços que partam das partes interessadas. Ingwersen e Stevenson (2012) apontam que os operadores de programas de EPDs têm surgido em larga escala e de forma independente e que um potencial risco à integridade das EPDs é a proliferação de rótulos baseados em PCRs incompatíveis, resultando na divulgação de perfis ambientais de produtos que apresentam informações que não são comparáveis.

Uma limitação do presente estudo foi o número limitado de EPDs analisadas bem como de EPDs de um mesmo tipo de material baseadas em uma mesma PCR ou PCRs equivalentes. A análise de EPDs de materiais similares desenvolvidas por PCRs equivalentes traria mais

profundidade à esta discussão. Contudo, foi possível notar que a comparação dever ser facilitada através da harmonização das PCRs, considerando que um dos objetivos do desenvolvimento de EPDs é, quando possível, a comparação de impactos de produtos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo buscou-se reportar referências de impactos relacionados à produção de alguns materiais de madeira empregados na construção civil através EPDs, bem como discutir as principais diferenças nas abordagens tomadas para o desenvolvimento destes documentos e as limitações da utilização destes na escolha de materiais através de seus perfis ambientais. Através da análise das EPDs de produtos similares nota-se que, mesmo considerando as mesmas fases de produção dos materiais, os resultados para o impacto GWP reportados apresentam grande variação, sendo por vezes difícil apontar evidências com relação as variações nos impactos reportados. Além das características dos materiais e particularidades de seus processos de fabricação, as fronteiras das ACVs que deram origem aos documentos, o método de avaliação dos impactos, a consideração ou não do carbono estocado nos materiais, são fatores que contribuem para a heterogeneidade dos resultados.

Sabe-se que EPDs desenvolvidas com base em diferentes PCRs tem comparabilidade limitada devido a diferenças em relação às orientações de como os impactos ambientais do ciclo de vida devem ser estimados e reportados para uma categoria de produto, bem como diferenças metodológicas nos estudos de ACV que as deram origem. Contudo, considerando-se que um dos objetivos da utilização de EPDs é possibilitar a escolha informada de produtos com base em dados quantitativos formais de impactos, eventualmente a comparação destes documentos acontece. A variação de tipos de materiais que temos no mercado por si só já é muito grande, se estes seguirem avaliados com base em regras diferentes, a aplicação das EPDs a título de comparação para a escolha de materiais é prejudicada. Nesse sentido, a harmonização dos critérios adotados para o desenvolvimento de EPDs é necessária.

Apesar das limitações apresentadas, entende-se que as EPDs são uma maneira padronizada e verificada de quantificar os impactos ambientais de materiais e, portanto, o desenvolvimento destes documentos é muito importante. Ainda, deve-se ressaltar que não foram encontradas EPDs de materiais de construção de madeira brasileiros, e a disponibilidade de EPDs em geral no país ainda é muito pequena.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009). *NBR 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura*. Rio de Janeiro.
- Achenbach, H. et al (2016). *Environmental product declarations in accordance with EN 15804 and EN 16485 – How to account for primary energy of secondary resources? In: Environmental Impact Assessment Review*. v. 60, p. 134-138.
- Bergman, R. et al (2014). *The carbon impacts of wood products*. In: *Forest Products Journal, USA*, v. 64, n. 7, p.320-332.
- *Environmental Product Declarations: Standards & Process (2017)* Disponível em: <<http://www.archecology.com/2017/04/03/environmental-product-declarations-standards-process/>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- EPD (2013a) *EPD of north american glued laminated timbers*. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.104.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013b) *EPD of north american laminated veneer lumber*. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.105.1. Emissão: 12/07/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.



- EPD (2013c) EPD of north American oriented strand board. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.101.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013d) EPD of north American softwood plywood. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.103.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013e) EPD of north American softwood lumber. American Wood Council; Canadian Wood Council. Registro: 13CA24184.102.1. Emissão: 16/04/2013. Disponível em: <<https://www.awc.org/sustainability/epd>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2017a) EPD of glued laminated timber (glulam). Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00565. Emissão: 08/12/2017. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015a) EPD of plywood. Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00564. Emissão: 14/10/2015. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015b) EPD of softwood timber. Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00560. Emissão: 23/06/2015. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015c) EPD of hardwood timber. Forest & Wood Products Australia Limited. Registro: S-P-00561. Emissão: 13/08/2015. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018a) EPD of EGO-CLT cross laminated timber wood panel. EgoIn. Registro: S-P-01314. Emissão: 23/05/2018. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2017b) EPD of multilayer panels of poplar plywood. Panguaneta S.p.a. Registro: S-P-01117. Emissão: 28/08/2017. Disponível em: <<https://www.environdec.com/EPD-Search/>> Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013f) EPD of nordic lam. Nordic Structures. Emissão: 03/2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013g) EPD of nordicx-lam. Nordic Structures. Emissão: 03/2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2013h) EPD of cross lamby structure lam. Structurlam Products LP. Emissão: 08/2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2016a) EPD of eastern canadian hardwood lumber. Quebec Wood Export Bureau; Industries T.L.T. Emissão: 07/2016. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2017c) EPD of cross laminated timber panels. Cross Timber Systems Ltd. Registro: NEPD-1269-410-EN. Emissão: 14/03/2017. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2016b) EPD of glu lam beams and pillars. Moelven Toreboda AB. Registro: NEPD-456-318-EN. Emissão: 13/06/2016. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2015d) EPD of structural timber of spruce and pine. Norwegian Wood Industry Federation. Registro: NEPD-318-179-EN. Emissão: 09/03/2015. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.

- EPD (2015e) EPD of sawn dried timber of spruce and pine. Norwegian Wood Industry Federation. Registro: NEPD-307-179-EN. Emissão: 09/03/2015. Disponível em: <<http://epd-norge.no/solid-wood/category425.html?categoryID=425&offset873=0>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018b) EPD of OSB2.Smartply Europe DAC. Registro: EPDIE-18-01. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018c) EPD of OSB2 T&G. Smartply Europe DAC. Registro: EPDIE-18-06. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018d) EPD of OSB3.SmartplyEurope DAC. Registro: EPDIE-18-02. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018e) EPD of OSB3 T&G. Smartply Europe DAC. Registro: EPDIE-18-03. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018f) EPD of site protect OSB3.SmartplyEurope DAC. Registro: EPDIE-18-07. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD (2018g) EPD of site protect plus OSB3.SmartplyEurope DAC. Registro: EPDIE-18-11. Emissão: 17/05/2018. Disponível em: <<https://www.igbc.ie/epd-search/>>. Acesso em: agosto, 2018.
- EPD Brasil. International EPD System. Declarações Ambientais Brasileiras. Disponível em: <<https://www.epdbrasil.com.br/encontre-epds>>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- FP Innovations (2015). Product Category Rules (PCR) for preparing an Environmental Product Declaration (EPD) for North American Structural and Architectural Wood Products. Versão 2. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/researchprogram/environment-sustainability/epd-program/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- FP INNOVATIONS. About EPDs. 2013. Disponível em: <<https://fpinnovations.ca/ResearchProgram/environment-sustainability/epd-program/Documents/about-epds.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- Gelowitz, M.D.C.; McArthur, J.J. (2017). Comparison of type III environmental product declarations for construction products: Material sourcing and harmonization evaluation. In: *Journal of Cleaner Production*, v. 157, p.125-133.
- Heywood, Huw (2017). 101 Regras Básicas para Edifícios e Cidades Sustentáveis. 1: Gustavo Gilli.
- Ingwersen, W.W.; Stevenson, M.J. (2012). Can we compare the environmental performance of this product to that one? An update on the development of product category rules and future challenges toward alignment. In: *Journal of Cleaner Production*, v. 24, p.102-108.
- ISO – International Organization for Standardization (2000). ISO 14020:2000. Environmental labels and declarations - General Principles. 2 ed.
- ISO – International Organization for Standardization (2006). ISO 14025:2006. Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations – Principles and procedures. 1 ed.
- Mendes, N.C.; Bueno, C.; Ometto, A. R (2016). Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida: Revisão dos principais métodos. In: *Production*, v. 26, p.160-175.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR), bem como à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de um dos autores.

## VIABILIDADE ECONÔMICA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO AEROPORTO DE BELÉM-PA

Marco Valério de Albuquerque Vinagre ([valeriovinagre@gmail.com](mailto:valeriovinagre@gmail.com)); Ari Ricardo Sousa de Moraes ([ricardomoraes13@gmail.com](mailto:ricardomoraes13@gmail.com)); Leonardo Augusto Lobato Bello ([lalbello1402@gmail.com](mailto:lalbello1402@gmail.com)); Maria Lúcia Bahia Lopes ([marialucia.bahia@unama.br](mailto:marialucia.bahia@unama.br)); Alberto Carlos de Melo Lima ([acmlima@gmail.com](mailto:acmlima@gmail.com))

Universidade da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano (UNAMA-PPDMU) - Brazil

Universidade do Estado do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (UEPA-PPCA) - Brazil

**Palavras chave:** Energia renovável, energia solar, espaço urbano, aeroporto.

*Cada vez mais a questão energética está ganhando importância, uma vez que, no cenário mundial há uma preocupação crescente com a escassez de combustíveis fósseis e com o aquecimento global. Nesse contexto, surgem diversos trabalhos que visam estudar formas de energias alternativas ou renováveis. O objetivo deste trabalho foi o de estudar um projeto de geração de energia fotovoltaica integrado à rede e analisar os indicadores econômico-financeiros para o Complexo Aeroportuário de Belém. O local foi escolhido por tratar-se de uma importante infraestrutura urbana, local de grande circulação e visibilidade, que poderá servir como vitrine para divulgação da energia solar entre os consumidores brasileiros, com o Estado atuando como um agente transformador do espaço urbano, aumentando sua sustentabilidade. Para analisar a viabilidade do projeto, foram analisados três diferentes cenários. O primeiro atendendo 100% do consumo, o segundo 85% e o terceiro 50%. O estudo revelou que a variação da relação geração/consumo não influencia os indicadores econômico-financeiros, os quais resultaram em período de retorno de sete anos e rentabilidade de 133%.*

### 1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais a questão energética está em debate, uma vez que, no cenário mundial há grande preocupação com a escassez do petróleo, do gás natural e do carvão mineral assim como com as mudanças climáticas ocasionadas pela queima destes combustíveis fósseis. Surgem assim, pesquisas e estudos técnicos, econômicos e de impactos socioeconômicos e ambientais de empreendimentos de energias alternativas ou renováveis voltados para o desenvolvimento de alternativas na produção de energia a partir de fontes renováveis (PACHECO, 2006).

Diferentemente da energia convencional, a energia renovável produz eletricidade sem utilizar combustíveis fósseis. Esses combustíveis fósseis tais como o carvão, petróleo e gás natural apresentam estoques limitados além de liberar gases poluentes durante a combustão ainda ocasionam degradação ambiental na sua extração. As fontes de energia renováveis produzem energia elétrica a partir de fontes com alta taxa de renovação e com menos emissão de gases poluentes e impacto ambiental.

Dentre as tecnologias que permitem a geração de energia elétrica na edificação, a tecnologia fotovoltaica (FV) é uma das mais incentivadas. Esta tecnologia permite a geração de energia elétrica diretamente da luz solar, através de lâminas de determinados materiais semicondutores instaladas em qualquer local ensolarado da edificação. A geração fotovoltaica não ocasiona ruído ou emissões de gases em seu funcionamento e necessita pouca manutenção. Os geradores fotovoltaicos podem ser instalados nas coberturas das

edificações, local que comumente recebe maior insolação, com a instalação dos módulos ligados por cabos condutores até um equipamento (inversor) que converte a energia gerada na frequência e tensão da rede e conecta o gerador solar fotovoltaico ao sistema público de distribuição de energia elétrica (SANTOS, 2013).

Todo ano a Convenção das Nações Unidas para as Mudanças do Clima (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*) realiza a COP – Conferência das Partes, com participação de todos os países signatários da Convenção. A COP 17, realizada em 2011, marcou o início de proposições práticas entre as partes para discussão de um acordo global para o clima. Naquele encontro, ficou definido que todos os membros deveriam chegar a um acordo final até 2015, na COP 21, sediada em Paris.

Já que a oportunidade de o Brasil investir nas energias renováveis é muito importante, o país juntou-se a mais de 190 nações na Conferência do Clima das Nações Unidas, na França, no final do ano de 2015, foi criado o Acordo de Paris (que substituiu o Protocolo de Quioto), onde os países se comprometeram a reduzir as mudanças climáticas e a evitar um aquecimento global superior a 1,5°C, com o intuito de possibilitar um futuro mais promissor para as próximas gerações. (GREENPEACE, 2015).

O Acordo de Paris marcou o fim do uso de combustíveis fósseis causadores do efeito estufa, e deu importância ao uso das energias renováveis, e o Brasil seguiu a tendência mundial, o governo brasileiro precisa desligar as usinas térmicas movidas a carvão e a gás. E deve expandir o mercado das novas energias renováveis, como a solar e a eólica. As hidrelétricas também são uma opção, contanto que não impactem os rios e florestas preservados, como na região amazônica. Diante do potencial de aproveitamento da energia do Sol e dos ventos no Brasil, essas são as fontes que devem receber mais atenção nos próximos anos (GREENPEACE, 2015). Sendo assim, as metas principais são: reduzir de 37% nas emissões até 2025, tendo como ponto de partida as emissões de 2005, e possível redução de 43% das emissões até 2030.

Para alcançar tais metas, uma série de indicações terão de ser seguidas em diversos setores da gestão pública dos recursos naturais até 2030, dentre elas:

- Atingir a participação de 45% de energias renováveis na matriz energética;
- Obter 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico;
- Promover o uso de tecnologias limpas no setor industrial;
- Estimular medidas de eficiência e infraestrutura no transporte público e áreas urbanas.

A INDC (*Intended Nationally Determined Contributions*) é um documento com uma intenção de mudanças, ou seja, uma proposta ainda não oficializada e que no caso brasileiro possui um amplo escopo que inclui caminhos para a mitigação, adaptação e implementação.

Os esforços por parte do Brasil são equivalentes às contribuições das nações mais desenvolvidas e compreende as particularidades da realidade nacional, dessa forma o governo federal vem trabalhando no documento-base que irá subsidiar a elaboração de uma estratégia de implementação e financiamento da NDC brasileira.

Nesse sentido, a participação do setor empresarial é fundamental e vem alcançando o protagonismo nas discussões sobre a transição para a economia de baixo carbono, com destaque para os caminhos do financiamento climático, tema abordado exaustivamente na COP22.

As construções aeroportuárias são tipicamente grandes e ensolaradas, livres de sombreamento; as fachadas e os telhados, de maneira geral, podem acomodar os módulos fotovoltaicos. Os aeroportos, por possuírem tais características, aparecem como um grande potencial para a aplicação dos sistemas fotovoltaicos (BRAUN et al., 2010). Edifícios



aeroportuários são exemplos de aplicação ideal de sistemas fotovoltaicos interligados à rede, onde picos de geração solar e consumo são muitas vezes coincidentes com a utilização de sistemas de ar refrigerado (BRAUN, 2007).

Um exemplo de sucesso é o Aeroporto Internacional de Cochin, no sul da Índia, que no ano de 2015, se tornou o primeiro do mundo a funcionar completamente com energia solar. O projeto desta grande usina de energia solar teve um custo próximo de U\$ 10 milhões e segundo Efe, diretor do aeroporto, o projeto se pagará em 5 anos. Nos 3 anos após a implantação do sistema solar fotovoltaico no aeroporto a geração de energia na Índia aumentou 12,87GW, só de geração distribuída de energia possui um total de 863 MW, aumentando sua capacidade a cada ano, devido aos programas de incentivo e fundos de financiamento do governo para adoção da tecnologia pela população (BLUE SOL, 2018).

Outros aeroportos pelo mundo também usam a energia solar como aliada a modernidade, como por exemplo, o Aeroporto Internacional de Düsseldorf na Alemanha que foi construído em apenas oito semanas, o imenso sistema de mais de 8 400 painéis de energia solar que abastece o Aeroporto Internacional de Düsseldorf usa uma área equivalente a seis campos de futebol. A partir do começo de 2012, os painéis entraram em funcionamento, e, apesar de não cobrir todas as necessidades energéticas do aeroporto, já é um excelente começo. Telas dispostas no aeroporto mostram quanta energia os painéis estão criando, e quanta poluição eles estão evitando.

Já o Aeroporto Internacional de Sacramento (EUA), onde o novo Terminal B do Aeroporto internacional de Sacramento, capital da Califórnia, foi projetado para ser eficiente ao máximo, usando um mínimo possível de energia. Controle de temperatura, iluminação ecológica e até uma planta de cogeração de energia, são algumas das inovações do Terminal. Também nos Estados Unidos, o Aeroporto Internacional de San José, no estado do Texas, foi inaugurado no ano de 2010 com o prédio com claraboias de 200 metros, com paredes de vidro para permitir a entrada de luz natural, além de um sistema solar fotovoltaico de geração energia. O terminal também é conhecido por suas áreas de assentos, com cadeiras com um sistema de ar condicionado que funciona apenas quando alguém está sentado nelas.

No Brasil, em estudo realizado por Braun *et al.* (2010), foram utilizadas diferentes tecnologias fotovoltaicas integradas ao entorno construído de seis aeroportos brasileiros, nas cidades de Florianópolis, Brasília, São Paulo, Guarulhos e Rio de Janeiro, com o objetivo de analisar a contribuição energética da integração de sistemas fotovoltaicos à arquitetura de seus complexos aeroportuários. Nas simulações da integração dos sistemas foram utilizados dados de consumo energético mensais para um período de um ano, de cada aeroporto. O cálculo da geração solar fotovoltaica foi realizado com base na radiação solar para cada cidade e de acordo com a eficiência de cada tecnologia. Considerando a aplicação das diferentes tecnologias fotovoltaicas comercialmente disponíveis e sua aplicação nas coberturas dos terminais de passageiros, observa-se que, nos casos mais favoráveis, o total de energia gerada durante o ano poderia contribuir em média com 50% da energia utilizada pela edificação durante o mesmo período de tempo.

Segundo Corrêa (1999), o Estado é um dos agentes sociais que fazem e refazem o espaço urbano e atua também na organização espacial da cidade, refletindo e influenciando na dinâmica da sociedade da qual é parte constituinte. Para isso, o Estado dispõe de um conjunto de instrumentos que pode empregar em relação ao espaço urbano, um destes mecanismos é o investimento público na produção do espaço é a implantação de infraestrutura. Dessa forma, defende-se que a atuação do Estado é de fundamental importância para o incentivo à produção de energia elétrica de forma descentralizada.



## 2. OBJETIVO

Estudar o uso da energia solar fotovoltaica no complexo aeroportuário de Belém e sua viabilidade técnico-econômica.

## 3. METODOLOGIA

Neste trabalho são apresentadas as etapas e análises principais para estudo da viabilidade técnico-econômica do uso da geração fotovoltaica interligado à rede de distribuição da concessionária para o complexo aeroportuário de Belém-PA, situado na Amazônia brasileira, e tem como objetivo principal analisar os impactos da relação geração/consumo nos indicadores econômico-financeiros.

No Brasil, o órgão que regulamenta as concessionárias de distribuição de energia e que normatiza a micro e mini geração de energia fotovoltaica é a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). O Aeroporto Internacional de Belém é atendido pela concessionária de energia Centrais Elétricas do Pará (CELPA) e não participa do mercado livre de energia.

Para o presente estudo, foi utilizado o software Radasol 2 para fazer a manipulação de dados de radiação solar local. O Radasol é um software gratuito desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LABSOL). As plantas do local foram cedidas pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO).

### 3.1 Área de estudo

A cidade de Belém é muito procurada por suas belezas naturais, fauna, flora, frutas exóticas e sua culinária original e única e possui várias opções de transporte fluvial que interliga a cidade a outros estados e municípios. Mas são os aeroportos da região amazônica que têm papel fundamental na integração nacional, aproximando pessoas de lugares onde o acesso é bastante difícil ou quase inexistente.

A Figura 1 apresenta o potencial solar brasileiro e a localização da cidade de Belém do Pará, Brasil. O complexo do Aeroporto Internacional de Val-de-Cans está localizado na cidade de Belém, estado do Pará, Brasil, nas coordenadas geográficas de 01°22'45"S, 48°28'35"W.

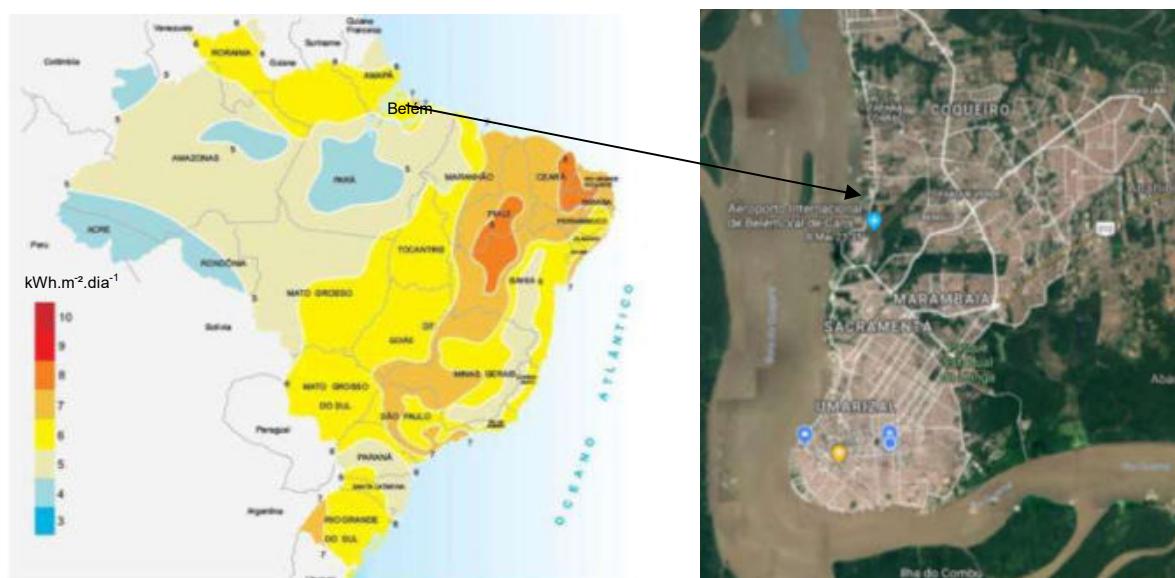


Figura 1. Potencial Solar do Brasil e localização do Aeroporto de Belém

Fonte: CEPEL (2000), e Googlemaps (2019)

O crescente turismo regional eleva ainda mais a procura pelo Aeroporto Internacional de Belém – Val-de-Cans – Júlio Cezar Ribeiro que apresenta uma arquitetura futurista projetada para aproveitar a iluminação natural de Belém do Pará. Possui um espelho d'água com fonte capaz de imitar o barulho das chuvas e é decorado com plantas típicas da Amazônia (INFRAERO, 2017).

Esse Aeroporto possui cerca de 33.000 m<sup>2</sup> de área, sendo aproximadamente 4.740 m<sup>2</sup> a área disponível para a instalação dos módulos, que representa a área de estacionamento do terminal aeroportuário, conforme ilustra a Figura 2.



Figura 2. Aeroporto Internacional de Belém e a área disponível.

Fonte: Google Earth, 2017.

Neste estudo escolheu-se a área de estacionamento devido a facilidade de instalação e manutenção e com a geração perto do ponto de consumo, reduzindo assim, as perdas de energia. Além disto também permite a instalação sobre estruturas metálicas para posicionamento dos painéis solares.

O Aeroporto Internacional de Belém – Júlio Cezar Ribeiro, está localizado no município de Belém do Pará sendo o principal aeroporto do Estado, ocupando atualmente a 14<sup>a</sup> posição a nível nacional. Segundo dados do Anuário do Transporte Aéreo (ANAC,2016) na região norte, embarcaram cerca de 4,8 milhões de passageiros no ano de 2016 dos quais 1,5 milhão somente no Aeroporto Internacional de Belém, fazendo com que este ocupe a primeira posição em embarque de passageiros de toda a região norte, sendo a principal porta de entrada da Amazônia brasileira. A Figura 3 mostra o Aeroporto de Belém-PA.

### 3.2 Irradiação Solar e Inclinação dos Módulos

Para obter os dados de radiação solar é necessário obter a latitude e a longitude do local de estudo. Após obter a latitude e longitude, obteve-se a irradiação global utilizando-se a base de dados do Atlas Solarimétrico do Brasil que ao inserir os dados da latitude e longitude gera um relatório de onde extraem-se a irradiação em kWh/m<sup>2</sup>/dia. Os números revelam a quantidade de energia solar que chega no local por metro quadrado em um dia daquele determinado mês. A partir da obtenção do histórico das medições de radiação solar para uma determinada localização, da componente difusa e direta é possível realizar um estudo de viabilidade para um projeto de geração fotovoltaica conectada à rede com o objetivo de garantir o máximo aproveitamento do sistema. Após a obtenção da irradiação global horizontal foi necessário obter a irradiação para ângulos diversos pois o Atlas Solarimétrico fornece apenas a irradiação horizontal, ou seja, para uma inclinação igual a 0°, para isso foi utilizado o software RADIASOL. Na Figura 3 apresenta-se uma tela do programa.

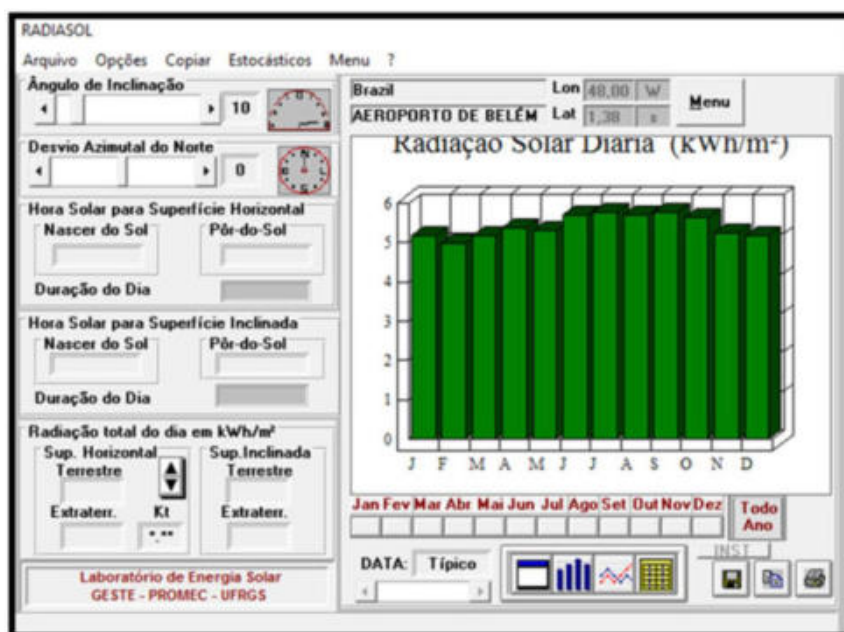


Figura 3. Tela do software RADIASOL

Fonte: RADIASOL, 2017.

### 3.3 Dimensionamento do sistema nos horários de melhor irradiância

A área escolhida para a colocação dos módulos fotovoltaicos foi o estacionamento do complexo aeroportuário de Belém, sempre em locais sem sombreamento, principalmente nos horários considerados de maior irradiância, compreendido entre 9:30 e 15:30, conforme Figura 4.

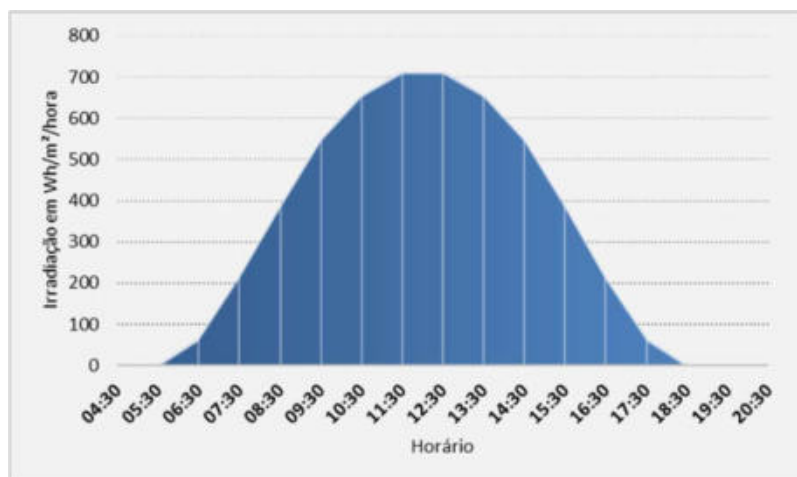


Figura 4. Irradiância em  $\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hora}^{-1}$  em um dia médio de janeiro

Fonte: RADIASOL (2017)

### 3.4 Descrição do projeto de cobertura fotovoltaica

A escolha dos aparatos fotovoltaicos utilizados no projeto, tanto de painéis quanto inversores, tem como critério o atendimento a Resolução Normativa 482 da ANEEL. Os painéis são homologados e os inversores possuem a certificação da ABNT. Além disso foram escolhidas marcas líderes de mercado, para facilitar a implantação do projeto.

Dentre as tecnologias disponíveis foi escolhido os painéis rígidos, pois além do seu preço ser menor, quando comparado com outras tecnologias, também são as mais fáceis de instalar pois é a tecnologia mais utilizada no mercado brasileiro. O módulo escolhido foi o de silício policristalino por possuir uma eficiência energética adequada e um menor custo em

relação ao silício monocristalino. Atualmente o INMETRO autoriza apenas as tecnologias de silício policristalino, monocristalino e filmes finos.

As características dos módulos escolhidos para compor o sistema foram extraídas do manual do fabricante. A fabricante é canadense e se chama *Canadian Solar*, modelo CS6K, policristalino, de potência nominal de 265 Wp. Cada placa terá a dimensão de 1650x992x40mm, com 60 células, protegidas por uma tampa frontal de 3,2 mm de vidro temperado, moldura em liga de alumínio anodizado, chegando a pesar 18,2 Kg. O inversor escolhido no estudo foi o SW500 da WEG.

As células fotovoltaicas presentes nos módulos geradores, independentemente do material utilizado, possuem uma degradação natural que afeta a eficiência e o rendimento global do módulo. Segundo Jordan e Kurtz (2013), esta perda é inevitável e contribui para a redução gradual do desempenho ao longo dos anos. Estima-se um decaimento médio anual de 0,8%. Além disso os módulos, mesmo feitos pelo mesmo fabricante, apresentam pequenas diferenças entre si. Neste trabalho adotou-se uma perda de 7,5%.

Com a elevação da temperatura das células fotovoltaicas, ocorre uma significativa redução na tensão e um mínimo aumento na corrente fotogerada, resultando na diminuição da potência fornecida pelo sistema. Esse efeito é acentuado durante o verão e se agrava quando a instalação se situa em edificações onde possa haver redução na ventilação do painel (GEHRING; LOPES; DALMOLIN, 2015). Segundo Almeida (2012), normalmente a potência do gerador FV utilizando tecnologia silício cristalina decai entre 0,3 e 0,4 % a cada 1°C acima da temperatura padrão de testes dos módulos FV de 25°C. Neste As perdas devido a temperatura varia de 3% a 6%, para fins de dimensionamento, devido às elevadas temperaturas no local de estudo neste trabalho a perda por este quesito será considerada 5%.

Inversores com baixa eficiência são responsáveis por grande parte de perdas de um sistema fotovoltaico que podem chegar até 15%. Além disso, mesmo inversores eficientes apresentam baixo rendimento quando operam com frações pequenas da potência nominal. Inversores modernos normalmente possuem perdas menores, pois apresentam eficiência elevada para uma grande faixa de operação. Como no estudo em questão o inversor é de boa qualidade e está bem dimensionado colocou-se uma perda 1,5% (ALMEIDA, 2012).

Ao dimensionar um sistema fotovoltaico o sombreamento deve ser evitado, uma vez que este fator é o que mais pode interferir negativamente no rendimento do módulo, a perda pode ser de 0 a 100%. Como no local de estudo o módulo será instalado em um local sem sombreamento, sem edificações próximas a perda foi considerada 0.

Um outro fator que acarreta na perda de rendimento de um sistema fotovoltaico é o acúmulo de sujeira nos módulos fotovoltaicos, que pode gerar uma perda de 2% a 25%. Uma medida simples e que ajuda a evitar perdas na geração é a limpeza dos módulos fotovoltaicos. Assim como o sombreamento parcial, causado por fatores diversos, o acúmulo de poeira também causa perda na eficiência e pode ser prejudicial ao rendimento do gerador. Os módulos são fabricados para serem auto limpantes, então, como na cidade do local de estudo as chuvas são bem frequentes decidiu-se por colocar uma perda mínima de 2%. (GEHRING; LOPES; DALMOLIN, 2015)

As perdas foram consideradas nesta pesquisa segundo Miranda (2014) e totalizaram 25%, ou seja, a taxa de desempenho adotada foi de 75%.

### 3.5 Modelo Arquitetônico

O projeto proposto prevê a instalação de uma estrutura metálica sobre as vagas de estacionamento do complexo aeroportuário de Belém. A disposição atual das vagas



demarcadas será mantida, cada vaga possui uma metragem de 2,50 m por 5,00 m, separadas por faixas de 5 cm. O modelo arquitetônico pode ser visto na Figura 5.



Figura 5. Modelo arquitetônico proposto

Fonte: Siqueira (2017)

Observa-se na Figura 6 que a aplicação de painéis fotovoltaicos proporcionando cobertura aos veículos estacionados, que contribuirão para uma menor temperatura interna dos veículos estacionados pela proteção da incidência solar durante o período diurno.

### 3.6 Análise Econômica e Financeira

Para fazer o dimensionamento do sistema fotovoltaico integrado à rede foram feitos 3 cenários para encontrar-se a relação produção e consumo ideal a partir de uma análise econômica financeira. No cenário 1 foi proposto atender 100% do consumo, já no cenário 2 a proposta era atender 85% da demanda e no cenário 3, atender 50%.

Para fazer o levantamento do custo de instalação do sistema fotovoltaico foi utilizado como base o Relatório Alvorada, publicado pelo GREENPEACE BRASIL (2015), que informa que o custo de implantação do sistema instalado é de R\$7,85/Wp.

No presente trabalho serão utilizados os seguintes indicadores econômicos: Período de retorno, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

A Taxa interna de retorno (TIR) é chamada também de taxa esperada, pois é a taxa de juros projetada no fluxo de caixa encontrada para o fluxo de caixa do projeto de investimento analisado (BISCHOFF, 2013).

O Método do *Payback* calcula o tempo necessário para que o investimento inicial seja recuperado, sendo muito difundido em virtude de sua fácil aplicação e interpretação (BISCHOFF, 2013).

O método do Valor Presente Líquido (VPL) estabelece que se ele for maior que zero, então o projeto deverá ser aceito, pois todo capital investido será recuperado acrescido da remuneração pela taxa mínima de atratividade, se o VPL for menor que zero, o projeto deverá ser rejeitado, pois o capital investido não será recuperado e se o VPL for igual a zero, é indiferente aceitar ou não o projeto.

A Rentabilidade é calculada pelo quociente entre o VPL acumulado e o Investimento inicial, subtraído da unidade e colocado sob a forma de percentual (Duarte, 2009). Quanto maior a rentabilidade, mais atrativo torna-se o empreendimento, segundo Hirschfeld(1989).



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Irradiação solar, inclinação e orientação dos módulos

O Aeroporto localiza-se na latitude  $-1,38^\circ$  de e uma longitude de  $-48,48^\circ$ . A partir desta informação encontrou-se os valores da irradiação extraídos do Atlas Solarimétrico do Brasil. Com isso obteve-se uma irradiação média de  $5,25 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$ . Com os dados da Irradiação média diária foi possível calcular a irradiação média mensal, multiplicando pelo número de dias de cada mês.

A inclinação ideal das placas deve ser igual a latitude local de  $1,38^\circ$ , entretanto, segundo Villalva e Gazoli (2012), não deve ser utilizada inclinação menor que  $10^\circ$ , com o intuito de evitar o acúmulo de sujeira ou água sobre os módulos, fazendo com que a captação da energia solar seja prejudicada. Uma inclinação igual ou acima de  $10^\circ$  proporciona a autolimpeza da placa a partir da água da chuva. Adotou-se então, uma inclinação de  $10^\circ$ . Como o Aeroporto de Belém está no Hemisfério Sul, a orientação adotada foi de  $0^\circ\text{N}$ .

### 4.2 Consumo

O consumo de energia foi fornecido pela INFRAERO, sendo que o Aeroporto de Belém é alimentado através de 7 (sete) unidades consumidoras pela concessionária de energia elétrica CELPA. Foi escolhida a unidade consumidora de baixa tensão de maior consumo, com um consumo anual de  $99.529,00 \text{ kWh}$ .

### 4.3 Dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede

De acordo com o fabricante do módulo fotovoltaico, quando exposto a uma irradiância de  $800 \text{ W/m}^2$ , temperatura de  $20^\circ\text{C}$  e vento de  $1\text{m/s}$  chegam a uma temperatura de até  $46^\circ\text{C}$  que é a temperatura nominal de operação da célula. Como o local de estudo atinge até  $34^\circ\text{C}$ , para fins de dimensionamento foi utilizada uma temperatura de operação de  $60^\circ\text{C}$ . Esse dado é muito importante para o cálculo das perdas do sistema, uma vez que o aumento da temperatura além da de STC, que é de  $25^\circ\text{C}$ , provoca uma perda na eficiência do módulo fotovoltaico. O fabricante informa a perda de  $-0,41\%/^\circ\text{C}$ .

O dimensionamento do sistema fotovoltaico foi feito a partir dos dados de consumo do local do estudo, das características do módulo fotovoltaico, do inversor, da irradiação, sendo a área disponível no estacionamento do Complexo Aeroportuário de Belém para implantação dos módulos fotovoltaicos é de  $4.813,12 \text{ m}^2$ , considerando-se três cenários segundo a relação geração/consumo de 100%, 85% e 50% de maneira a se estudar a influência dessa relação sobre os indicadores econômicos.

Na Tabela 1 pode-se ver a análise econômico-financeira do Cenário 1.

**Tabela 1.** Análise econômico-financeira do Cenário 1

Ano	GERAÇÃO		RECEITAS		DESPESAS		FLUXO DE CAIXA	
	Geração Útil (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Reembolso (R\$)	CAPEX (R\$)	OPEX (R\$)	FC Anual (R\$)	FC Descontado (R\$)	FC Acumulado (R\$)
0	-	0,81	-	499.260,00	-	499.260,00	-499.260,00	499.260,00
1	93.956,49	0,89	83.597,10	-	- 2.496,30	81.100,80	73.728,00	425.532,00
2	91.607,58	0,98	89.657,89	-	- 2.745,93	86.911,96	71.828,07	353.703,93
3	90.966,33	1,08	97.933,32	-	- 3.020,52	94.912,80	71.309,39	282.394,54
4	90.329,56	1,18	106.972,56	-	- 3.322,58	103.649,99	70.794,34	211.600,20
5	89.697,26	1,30	116.846,13	-	- 3.654,83	113.191,30	70.282,89	141.317,31
6	89.069,38	1,43	127.631,03	-	- 4.020,32	123.610,71	69.775,03	71.542,29
7	88.445,89	1,58	139.411,37	-	- 4.422,35	134.989,03	69.270,71	2.271,57
8	87.826,77	1,73	152.279,04	-	- 4.864,58	147.414,46	68.769,93	66.498,36
9	87.211,98	1,91	166.334,40	-	- 5.351,04	160.983,36	68.272,66	134.771,02
10	86.601,50	2,10	181.687,06	-	- 5.886,14	175.800,92	67.778,86	202.549,89
11	85.995,29	2,31	198.456,78	-	- 6.474,76	191.982,02	67.288,53	269.838,41
12	85.393,32	2,54	216.774,34	-	- 7.122,24	209.652,11	66.801,62	336.640,03
13	84.795,57	2,79	236.782,61	-	- 7.834,46	228.948,15	66.318,12	402.958,16
14	84.202,00	3,07	258.637,65	-	- 8.617,90	250.019,74	65.838,01	468.796,17
15	83.612,58	3,38	282.509,90	-	- 9.479,70	273.030,21	65.361,26	534.157,43
16	83.027,30	3,72	308.585,57	-	- 10.427,66	298.157,90	64.887,85	599.045,28
17	82.446,11	4,09	337.068,01	-	- 11.470,43	325.597,58	64.417,75	663.463,03
18	81.868,98	4,50	368.179,39	-	- 12.617,47	355.561,92	63.950,94	727.413,96
19	81.295,90	4,95	402.162,35	-	- 13.879,22	388.283,13	63.487,39	790.901,36
20	80.726,83	5,44	439.281,93	-	- 15.267,14	424.014,79	63.027,10	853.928,45
21	80.161,74	5,99	479.827,66	-	- 16.793,86	463.033,80	62.570,02	916.498,47
22	79.600,61	6,58	524.115,75	-	- 18.473,24	505.642,51	62.116,15	978.614,62
23	79.043,40	7,24	572.491,63	-	- 20.320,57	552.171,06	61.665,45	1.040.280,07
24	78.490,10	7,97	625.332,61	-	- 22.352,63	602.979,99	61.217,90	1.101.497,97
25	77.940,67	8,76	683.050,81	-	- 24.587,89	658.462,92	60.773,49	1.162.271,46

Fonte: Dados da pesquisa (2018)

O custo de implantação do projeto foi orçado em R\$499.260,00. Na coluna de Geração é possível visualizar-se duas colunas, a coluna geração útil que fornece a geração anual, que vai diminuindo em relação ao tempo, devido à degradação dos módulos fotovoltaicos e a coluna Tarifa, que apresenta o valor da tarifa, que neste trabalho sofre um reajuste de 10% ao ano.

A coluna de Receitas representa o quanto foi economizado em virtude da energia gerada, já as Despesas são formadas pelo *Capital Expenditure* (CAPEX) de R\$499.260,00, que é a despesa de capital, que nada mais é do que o capital investido pela empresa para adquirir um bem físico, que neste caso é o Sistema Fotovoltaico. E pelo *Operational Expenditure* (OPEX) que se refere às despesas operacionais, tais como os custos de manutenção, custos esses que também estão calculados sofrendo um reajuste de 10% ao ano.

Já na categoria Fluxo de caixa, a coluna FC anual representa a soma das receitas e despesas, o FC Descontado nada mais é que o FC Anual descontado da Taxa Mínima de Atratividade (TMA), já o FC acumulado é a soma do FC Descontado do ano vigente com a posição do FC Acumulado do ano anterior.

## 5. DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta sinteticamente o comparativo entre os três cenários.

Tabela 2. Comparativo Econômico entre os três cenários

<i>Cenário</i>	<i>Geração/consumo (%)</i>	<i>Investimento (R\$)</i>	<i>Payback</i>	TIR	Rentabilidade
1	100	499.260,00	5 anos e 2 meses	24,59%	132,79%
2	85	416.050,00	5 anos e 2 meses	24,69%	134,63%
3	50	249.630,00	5 anos e 2 meses	24,69%	134,63%

Fonte: Autores (2018)

Pode-se notar que a relação geração/consumo não afeta de maneira significativa os indicadores econômicos, pois apesar do Investimento entre os três cenários serem bastante diferentes, os tempos de retorno, a taxa interna de retorno e a rentabilidade são praticamente iguais. Para o caso estudado os Cenários 1, 2 e 3 se mostraram equivalentes quanto à variação dos indicadores econômico-financeiros em função da relação geração/consumo, demonstrando que essa relação não influencia esses indicadores, observando-se apenas o valor da demanda contratualmente fixada, e assim o investidor pode escolher essa relação geração/consumo com base no valor de investimento inicial mais adequado a seu empreendimento.

## 6. CONCLUSÕES

Complexos aeroportuários possuem grande demanda energética devido à utilização de equipamentos de ar refrigerado tornando o complexo um importante ponto potencial de geração distribuída.

Com base nos resultados obtidos em estudo de viabilidade técnico-econômica ao uso de geração de energia elétrica através de módulos fotovoltaicos integrados à rede no Complexo Aeroportuário de Belém do Pará, pode-se observar que as principais vantagens com a instalação são:

- Proteção do consumidor contra oscilações nas tarifas da energia consumida da rede;
- Grande potencial de exploração de energia solar, pelo fato de o Brasil estar situado em uma zona tropical e apresentar altos níveis de irradiação solar, o que o coloca em vantagem com relação a outros países que já utilizam a tecnologia em larga escala, mesmo não possuindo os mesmos atributos territoriais.
- Utilização de energia limpa e renovável;
- Menor custo de investimento com transmissão e distribuição de energia elétrica.
- O marketing verde ou ambiental, que vai vincular a empresa à uma imagem ecologicamente consciente;
- É um sistema modular, ou seja, caso haja necessidade de aumentar a demanda, basta ampliar com mais arranjos de módulos e inversores.
- Sua implantação como projetos vitrines, em locais de grande circulação de pessoas, estimula a reflexão das pessoas e potencializa efeito multiplicador.

Ao comparar-se os Cenários 1, 2 e 3 se mostraram equivalentes quanto à variação da relação geração/consumo aos indicadores econômico-financeiros, devendo então o investidor definir qual o melhor cenário com base nos valores de investimento inicial. Ou

seja, a variação do percentual de atendimento do consumo não causou variações significativas dos indicadores financeiros.

Finalmente, este trabalho pretende incentivar a produção de energia renovável e sustentável de forma descentralizada uma vez que os indicadores econômico-financeiros se mostraram bastante favoráveis.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. P. (2012). *Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede*. São Paulo: USP. Disponível em: <[http://www.iee.usp.br/lst/sites/default/files/Mestrado\\_Marcelo\\_Pinho\\_Almeida.pdf](http://www.iee.usp.br/lst/sites/default/files/Mestrado_Marcelo_Pinho_Almeida.pdf)>.
- BRASIL. INFRAERO (2017). *Aeroporto Internacional de Belém - Val-de-Cans - Júlio Cezar Ribeiro*. Disponível em: <<http://www4.infraero.gov.br/aeroportos/aeroporto-internacional-de-belem-val-de-cans-julio-cezar-ribeiro/sobre-o-aeroporto/historico/>>.
- Braun, P.; Jardim, C. S.; Rütther, R. (2007). *Análise da Contribuição Energética de Sistemas Fotovoltaicos Integrados em Edificações: Aeroporto Internacional de Florianópolis, Um Estudo de Caso*. Enac.
- Braun, P.; Santos, I. P.; Zomer, C. D.; Rütther, R. (2010). *A integração dos sistemas solares fotovoltaicos em seis aeroportos brasileiros utilizando diferentes tecnologias de células solares*. *Revista Brasileira de Energia Solar* Volume 1 Número 1 Setembro de 2010 p. 12-22.
- Corrêa, R. L. (1999). *O Espaço Urbano*. São Paulo: Editora Ática. 4a edição.
- Duarte, A.R.C.L. (2009). *Análise de parâmetros de sustentabilidade para geração de energia elétrica com óleo vegetal em comunidades isoladas na Amazônia*. Tese de D.Sc. em Engenharia Elétrica, UFPA, Belém, PA, Brasil.
- Gehring, A. A.; Lopes, L. F. S.; Dalmolin, R. S. (2015). *Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: acompanhamento dos índices de mérito no escritório verde da UTFPR e análise da viabilidade econômica de implantação em residências*. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Industrial Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3885/1/CT\\_COELE\\_2014\\_2\\_10.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3885/1/CT_COELE_2014_2_10.pdf)>.
- GREENPEACE BRASIL. (2015). *Alvorada: Como o incentivo à energia solar fotovoltaica pode transformar o Brasil*. 28 p. Disponível em: <[http://m.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/Relatorio\\_Alvorada\\_Greenpeace\\_Brasil.pdf](http://m.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/documentos/2016/Relatorio_Alvorada_Greenpeace_Brasil.pdf)>.
- Jordan, D. C., Kurtz, S. R., 2013. *Photovoltaic Degradation Rates—an Analytical Review*. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 21, pp. 12-29.
- Miranda, A. B. C. M. (2014). *Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Elétrica). Rio de Janeiro: UFRJ.
- Pacheco, F. (2006). *Energias Renováveis: breves conceitos*. *Conjuntura e Planejamento*, Salvador, v. 149, n. 1, p.4-11, 01 out. 2006. Disponível em: <[file:///C:/Users/26146528/Downloads/Conceitos\\_Energias\\_renovaveis.pdf](file:///C:/Users/26146528/Downloads/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf)>.
- Santos, Í. P. (2013). *Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura*. 278 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
- Siqueira, M. R. C. (2017). *Viabilidade econômica da instalação de energia fotovoltaica em um aterro sanitário: um estudo de caso em Marituba-Pará*. Trabalho de Conclusão (Engenharia Ambiental). Universidade da Amazônia. Belém, Brasil.
- Villalva, M. G.; Gazoli, J. R. (2012). *Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações - sistemas isolados e conectados à rede*. - São Paulo: Editora Érica.
- Tiba, C. et al. (2000). *Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres*. Recife: UFPE.

# O PNHR E AS NECESSIDADES DO MEIO RURAL: ESTUDO DE CASOS EM ASSENTAMENTOS DE MATO GROSSO DO SUL

*Fhelippe Batista Werle (fhelippebw@hotmail.com); Andréa Naguissa Yuba (naguissa@gmail.com)*

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) - Brazil

**Palavras chave:** habitação social, moradia, arquitetura, financiamento

*A moradia rural compreende funções e valores que a distinguem de um simples abrigo, sendo essencial para a produção rural e manutenção das famílias no campo. O meio rural sempre careceu de políticas e serviços em atendimento às suas necessidades. O Programa Nacional de Habitação Rural - PNHR, reformulado em 2009, passou a prever, em suas diretrizes, que os projetos das moradias considerassem as particularidades e modo de vida rural. Porém, pelo fato de estar evidente a replicação, nos empreendimentos contemplados pelo PNHR, de moradias tipicamente urbanas, esse estudo de casos, realizado em 03 Assentamentos de Mato Grosso do Sul, buscou analisar a produção de habitação rural por meio do PNHR quanto ao atendimento às necessidades das famílias contempladas. Evidenciaram-se, durante a pesquisa, incompatibilidades entre as moradias implementadas pelas Entidades Organizadoras e as reais necessidades dos beneficiários contemplados.*

## 1. INTRODUÇÃO

O direito a moradia se distingue do direito a habitação, sendo o primeiro ligado a personalidade do indivíduo e suas funções sociais, enquanto o segundo refere-se ao aspecto material da edificação (BROSLER E BERGAMASCO, 2016).

No meio rural, essa diferença se evidencia, pois a moradia serve não só como abrigo, abrangendo diversas funções, principalmente de apoio às atividades produtivas do trabalhador rural (RODRÍGUEZ, 2016), carregando valores simbólicos, ideológicos, culturais e antropológicos, apresentando importante valor para a manutenção do sistema econômico e para a sociabilidade da família em seu mundo e fora dele (SHIMBO, 2004).

A moradia rural é um elemento de fixação do homem à terra, uma prática familiar, onde trabalhar e morar constituem uma unidade espacial única, tornando-se fundamental para os territórios rurais, abrigando diversas escalas de trabalho, lazer, interação comunitária e social (SILVA, 2014), portanto não se constituindo como um elemento isolado, mas totalmente inserida no contexto do território e do grupo (DINIZ *et al.*, 2016).

Todas essas questões são refletidas nas tipologias habitacionais características do meio rural, que trazem elementos próprios desses ambientes como, por exemplo, o fogão a lenha e também a varanda, ambiente que é destinado tanto ao serviço quanto às refeições e ao convívio familiar e social (COLETTI *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2016).

Apesar de a legislação fazer menção à moradia rural desde meados do século passado, o interesse político real sobre ela tem se mostrado inferior ao interesse sobre a situação urbana (RODRÍGUEZ, 2016).

O PNHR (Programa Nacional de Habitação Rural), reformulado em 2009, desde então passou a prever que os projetos considerem as características regionais, locais, climáticas e culturais da localidade (BRASIL, 2011).



No entanto, as Entidades Organizadoras (EO), responsáveis pela implementação do Programa (BRASIL, 2011), têm repetido no meio rural o mesmo modelo de moradia adotado pelo PMCMV nas cidades (CARVALHO *et al.*, 2016) e, a moradia rural fica cada vez mais distante de sua realização enquanto fruto das disponibilidades dos materiais locais, prioridades, desejos, valores familiares e características culturais (PERRIN e FERREIRA, 2016).

Esta tipificação urbana das moradias que vêm sendo implementadas pelo PNHR é atribuída às Especificações Mínimas estabelecidas pelo Programa (CARVALHO *et al.*, 2016; THEODORO *et al.*, 2016), ao valor das subvenções que se mostram insuficientes, levando à uma limitação de área edificada (PERRIN e FERREIRA, 2016; THEODORO *et al.* 2016), e também à falta de atenção por parte do Estado e até da Arquitetura e Urbanismo frente às particularidades do modo de morar no campo (LOPES *et al.*, 2016).

Por se tratar de áreas remotas e de baixa densidade, o meio rural tem maior dificuldade de acesso aos serviços e políticas públicas para o seu desenvolvimento (ROVER e MUNARINI, 2010).

### **1.1. Objetivo**

O contexto apresentado conduz ao seguinte questionamento: O PNHR está, de fato, atendendo às necessidades do público rural quanto à carência por moradia?

Assim, este trabalho tem como objetivo principal analisar a produção de habitação rural por meio do PNHR quanto ao atendimento às necessidades das famílias contempladas.

## **2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Essa pesquisa se deu por meio de um estudo de casos em três assentamentos da reforma agrária, contemplados pelo PNHR, buscando, junto às EO que implementaram os empreendimentos e aos beneficiários contemplados, verificar o atendimento das necessidades do público afetado pelos projetos implantados.

### **2.1. Definição da Amostra**

A definição da amostra se deu por meio da técnica “bola de neve”, por se tratar de uma pesquisa que não busca retratar a probabilidade da seleção (VINUTO, 2014), mas cujo foco é uma questão que requer o conhecimento e a contribuição das pessoas pertencentes ao grupo estudado (BIERNACKI e WALDORF, 1981).

A Agência de Habitação Popular de Mato Grosso do Sul (AGEHAB) assumiu o papel de “semente”, por quem se iniciou a busca pelos entrevistados, informando uma lista de contatos de Entidades Organizadoras que trabalham com o público Rural. Após tentativas de contato, priorizando EO com sede em Campo Grande, foram contatadas três EO, com as quais foram definidos os empreendimentos a serem investigados. As EO informaram contatos de lideranças locais, por meio das quais o acesso aos demais entrevistados foi facilitado. A identidade das EO e dos respondentes da pesquisa foram preservadas, sendo atribuídos nomes fictícios. Dessa forma a amostra ficou definida conforme demonstrado na Figura 1.

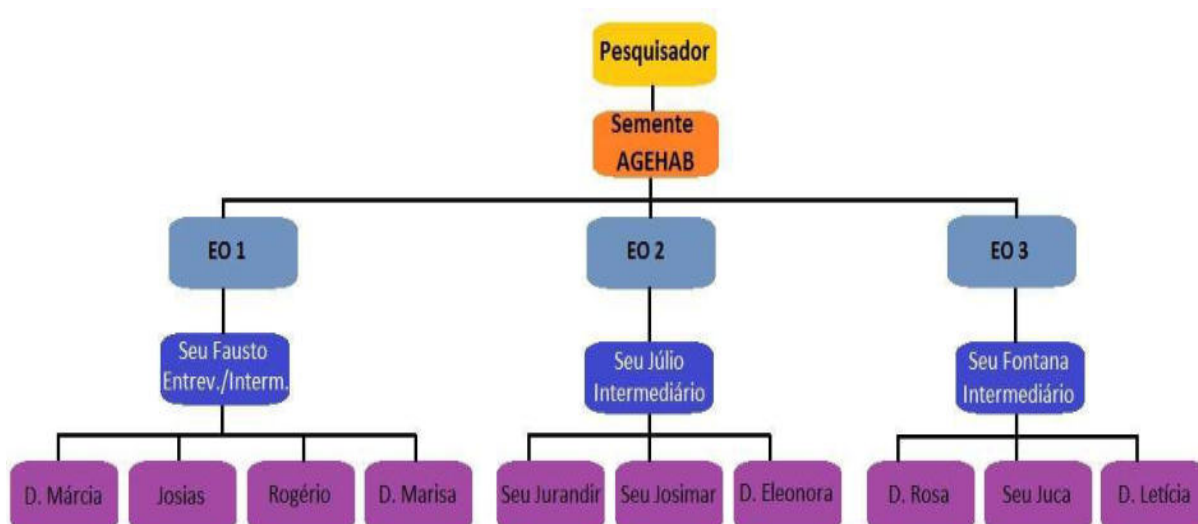


Figura 41. Organograma dos contatos acionados para a elaboração das entrevistas

Foram selecionados três Assentamentos da Reforma Agrária com famílias enquadradas na faixa de renda do Grupo 1, contemplados pelo PNHR atual (a partir de 2009), em localização que permitisse o deslocamento e a realização das entrevistas em um único dia por assentamento, sendo então selecionados:

- Assentamento Ouro Branco, localizado no Município de Terenos – MS, no qual a EO1 atuou na produção de habitação para um grupo de 20 famílias com início das atividades em janeiro de 2015 e conclusão em dezembro de 2016;
- Assentamento Nazareth, localizado na área rural do município de Sidrolândia – MS, onde 18 moradias foram produzidas por meio da atuação da EO2 entre junho de 2016 e setembro de 2017;
- Assentamento Indaiá, situado no Município de Aquidauana – MS, contendo 35 famílias que foram atendidas pela EO3 na produção de suas moradias, no período entre junho de 2015 e março de 2018.

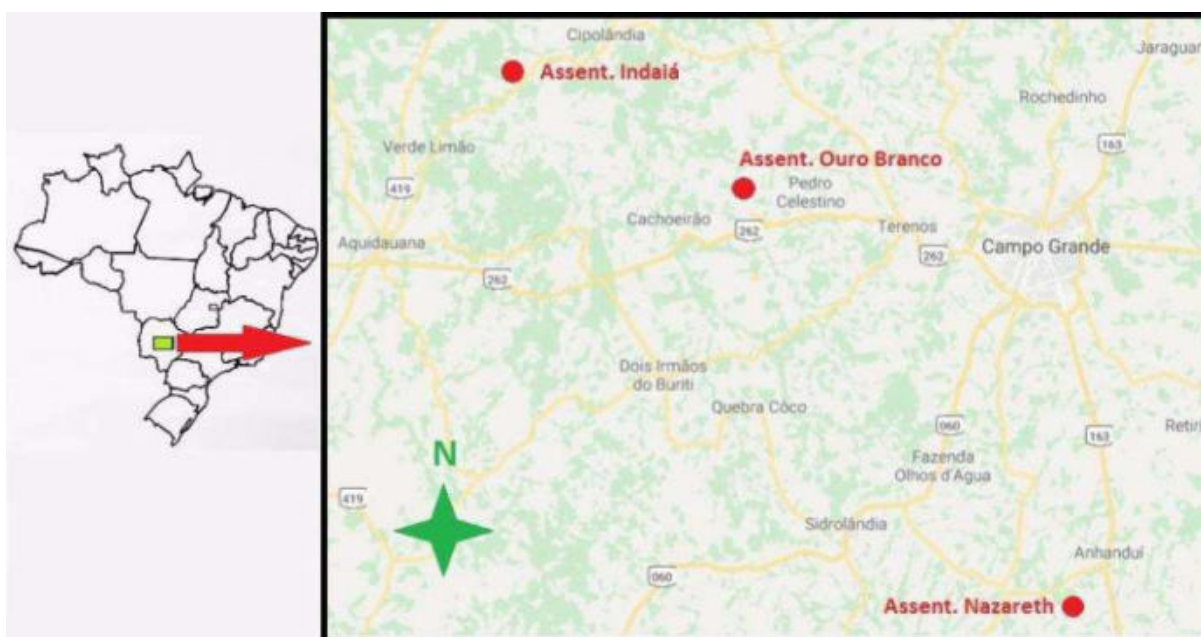


Figura 42. Localização dos empreendimentos estudados em relação à Campo Grande-MS

Foram coletados dados por meio de investigação documental sobre os projetos fornecidos pelas EO e as Especificações Mínimas estabelecidas pelo PNHR, permitindo a comparação

entre os empreendimentos implementados. Foram aplicadas entrevistas semiestruturadas aos beneficiários dos três empreendimentos selecionados, realizando também observação com registros fotográficos dos sítios e moradias produzidas, buscando identificar as necessidades não atendidas pelos respectivos projetos.

## 2.2 Método de análise

Os dados foram analisados por meio do método chamado Análise de Conteúdo (AC), que se trata de um conjunto de técnicas de análise que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos para investigar e descrever o conteúdo das mensagens, por meio de inferência a partir de conhecimentos teóricos e recorrendo a indicadores, quantitativos ou não (BARDIN, 1977). Assim, a AC mostra-se apropriada a análises qualitativas (MOZZATO e GRZYBOVSKI, 2011).

A aplicação da AC divide-se em três fases: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados (BARDIN, 1977). Portanto, na pré-análise é definido o material a ser investigado, do qual são extraídas e categorizadas as informações a serem analisadas, de forma que passem a representar indicadores para a fase seguinte. Na fase de exploração do material é feita a verificação sobre o que os indicadores elucidam a respeito do problema da pesquisa, dados estes que, na fase de tratamento dos resultados, são analisados por meio de inferências, onde dialoga-se com os mesmos assegurando-se no embasamento teórico, permitindo as interpretações.

Este trabalho é parte de uma pesquisa mais ampla que visa analisar todo o processo de implementação do PNHR, incluindo a fase de elaboração de projeto, execução do trabalho social com a capacitação dos beneficiários, a construção das moradias, até a avaliação dos empreendimentos, as quais se subdividem em diferentes categorias de análise. Portanto, considerando que os projetos devem prever compatibilidade com as características regionais, locais, climáticas e culturais da localidade, possibilitando melhor adequação das moradias às necessidades e modo de vida do público rural, de todo o material coletado para a pesquisa supracitada, selecionou-se para essa análise o conteúdo correspondente à categoria **atendimento às necessidades dos beneficiários**, conforme demonstrado na Tabela 1.

DOCUMENTOS	INFORMAÇÕES
Entrevista Beneficiários	Como é constituída a família
	Que infraestrutura (construções, etc...) vai ser necessária pra ter sucesso nas atividades da propriedade?
	O que você acha da casa nova? (é confortável? O que tem de bom e de ruim? atende as necessidades da família?)
	Pretende aumentar (ampliar) a casa? Que ampliações pretende fazer?
Entrevista EO	Se não houver nenhum programa do governo pra ampliação ou reforma da casa, de que forma você vai tentar fazer?
	Como a EO trabalhou a valorização das características regionais, climáticas e culturais da localidade?
Projetos	Na visão da EO, até que ponto as famílias beneficiadas tiveram suas necessidades atendidas pelo projeto?
	Área construída
	Tipologia (forma e função)
Especificações Mínimas	Previsão ampliação
	Diretrizes para elaboração do Projeto
Registros fotográficos	Situação pós ocupação dos sítios e moradias

Tabela 13. Material preparado para a análise

## 3. ANÁLISE SOBRE O ATENDIMENTO ÀS NECESSIDADES DOS BENEFICIÁRIOS

Os dados brutos extraídos dos documentos analisados foram codificados, categorizados e transformados em uma representação do conteúdo investigado. A partir desses indicadores resultantes, busca-se nesse capítulo discutir sobre o atendimento por parte da moradia às necessidades dos beneficiários que com ela foram contemplados.

As Especificações Técnicas Mínimas estabelecidas pelo Ministério das Cidades, apesar de determinar a área útil mínima da edificação em  $36\text{m}^2$  (sem computar a área de serviço), não estipula a área mínima de cada cômodo, mas prevê o mobiliário mínimo a ser respeitado pelos projetistas.

Para dormitórios, cozinha e área de serviço, o instrumento indica as dimensões mínimas da mobília e da circulação entre os móveis, porém para a sala, apenas ordena que seja previsto sofá com número de assentos equivalente ao número de leitos da residência e mesa de jantar com espaço para quatro pessoas.

As dimensões mínimas estabelecidas para o mobiliário mostram-se diminutas, assim como os espaços para circulação. Para o módulo de manobra para pessoas com deficiência (PCD), obrigatório em todos os cômodos, não é exigido que tenha possibilidade de deslocamento com rotação em  $180^\circ$ .

O instrumento determina também um padrão mínimo de qualidade dos materiais a serem aplicados na edificação, como tipo de esquadrias, cobertura, revestimentos, pé-direito mínimo, instalação elétrica e hidráulica mínimas.

Ao analisar as plantas das moradias implementadas nos três empreendimentos investigados (Figura 3), verificou-se que ambos superaram a área útil mínima estabelecida pelo PNHR. Nota-se uma diferença considerável entre as áreas dos três projetos, sobretudo comparando os projetos implementados pela EO2 e pela EO3, resultando em uma diferença de área suficiente para se projetar mais um cômodo.

No entanto, apesar dessa diferença de área, as edificações apresentam tipologia semelhante, com quartos em um dos lados da edificação, separados por um banheiro, enquanto sala, cozinha e área de serviço são dispostos do outro lado.



Figura 43. Projetos implementados nos empreendimentos estudados. (EO entrevistadas)

Quando questionados quanto à valorização das características regionais, climáticas e culturais da localidade, as EO disseram não terem levado em consideração para os projetos, devido ao recurso limitado e ao fato de as próprias Especificações Técnicas não permitir. As EO, porém, relataram crer que as famílias tiveram suas necessidades atendidas, haja visto que o objetivo era uma casa com qualidade.

Analisando, tanto as Especificações Técnicas Mínimas estabelecidas pelo PNHR, quanto à percepção das EO, nota-se que prevalece a preocupação pelo atendimento à demanda por habitação, atentando-se qualitativamente apenas para os aspectos materiais da edificação. Dessa forma, não têm sido consideradas as particularidades que envolvem o meio rural em função da relação dos usuários com suas atividades produtivas, formas de sociabilidade,



modos de vida, e toda a complexidade desse meio, que tem a moradia como elemento fundamental.

As famílias dos beneficiários entrevistados são compostas por número de membros que varia entre duas e cinco pessoas, enquanto as moradias apresentam capacidade máxima de leitos para quatro ocupantes, atendendo somente ao mínimo estabelecido pelo programa.

Os beneficiários qualificaram as moradias com as quais foram contemplados como boas, porém, fizeram isso, comparando-as aos barracos em que viviam anteriormente e atribuíram essa qualidade ao fato de as casas possuírem forro, piso bom, se manterem limpa. No entanto, ao mesmo tempo, queixaram-se do tamanho diminuto e da ausência de elementos essenciais ao seu modo de vida como, por exemplo, a varanda.

Pra mim ela é tudo de bom, difícil era tá no barraco de lona (Seu Jurandir).

[...] muitas pessoas acham pequena, mas pra quem morava em barraco é boa, é só ir aprimorando (Seu Fausto).

[...] Ah é confortável, ajuda muito. A gente trabalha o dia todo e chega em uma casa confortável [...]. De ruim que ela não é avarandada, se pudesse rodear de varanda, o sol aqui é muito quente (Seu Josias).

É boa, mais limpinha, piso bom, banheiro grande. Com o tempo a gente vai mudar as portas e enquanto não tem varanda entra água [...] (Dona Letícia).

Visando identificar, de maneira mais precisa, junto aos beneficiários entrevistados, as necessidades não atendidas pelos projetos, essa pesquisa buscou verificar quais suas pretensões de ampliações das moradias. Assim, evidenciou-se preponderantemente a necessidade da varanda, cozinha dotada de fogão a lenha e com dimensões maiores, um terceiro dormitório por parte das famílias maiores e, alguns respondentes demonstraram o desejo por um segundo banheiro.

[...] quero fazer uma varanda e cozinha com fogão à lenha aqui (indicando o local da varanda improvisada onde estávamos sentados e realizam-se as refeições), e ali onde hoje ta a cozinha caipira (feita de chão batido, paredes e telhados de fibrocimento) quero fazer mais um quarto (Seu Fausto).

[...] onde é cozinha vai virar sala. Eu tenho ideia de fazer a varanda que não tem, quando chove a água bate na porta e vai pra dentro de casa, fazer a cozinha bem ampla com fogão caipira, mais um quarto e um banheiro (Dona Rosa).

Observando os sítios e as moradias, foi constatado que algumas famílias, já vêm buscando realizar adequações, construindo varandas, cozinhas, fogões a lenha, ainda que de maneira precária e até insalubre, com material restante dos antigos barracos, ou ainda mantendo os barracos ou parte deles, na intenção de suprir suas necessidades não atendidas pelo PNHR.





Figura 44. Adequações precárias e barracos mantidos pelos beneficiários

É, também, exigido pelo programa que seja prevista solução de ampliação da moradia. Logo, se o recurso limitado dificulta o atendimento imediato às necessidades dos beneficiários, caberia as EO prever soluções que permitam, sem dificuldade, o seu atendimento posterior. Assim, as três EO apresentaram propostas distintas:

A EO1 apresentou duas propostas de ampliação (Figura 5), sendo a primeira opção composta por mais uma sala e um terceiro dormitório, ambos a frente da edificação existente. A segunda alternativa propõe a ampliação da área de serviço lateralmente à cozinha e com largura de 1,50m, a construção de uma varanda pequena contornando a sala existente, também com largura de 1,50m, e ainda um terceiro dormitório com acesso direto pela sala existente, comprometendo ainda mais a funcionalidade já limitada desse cômodo.

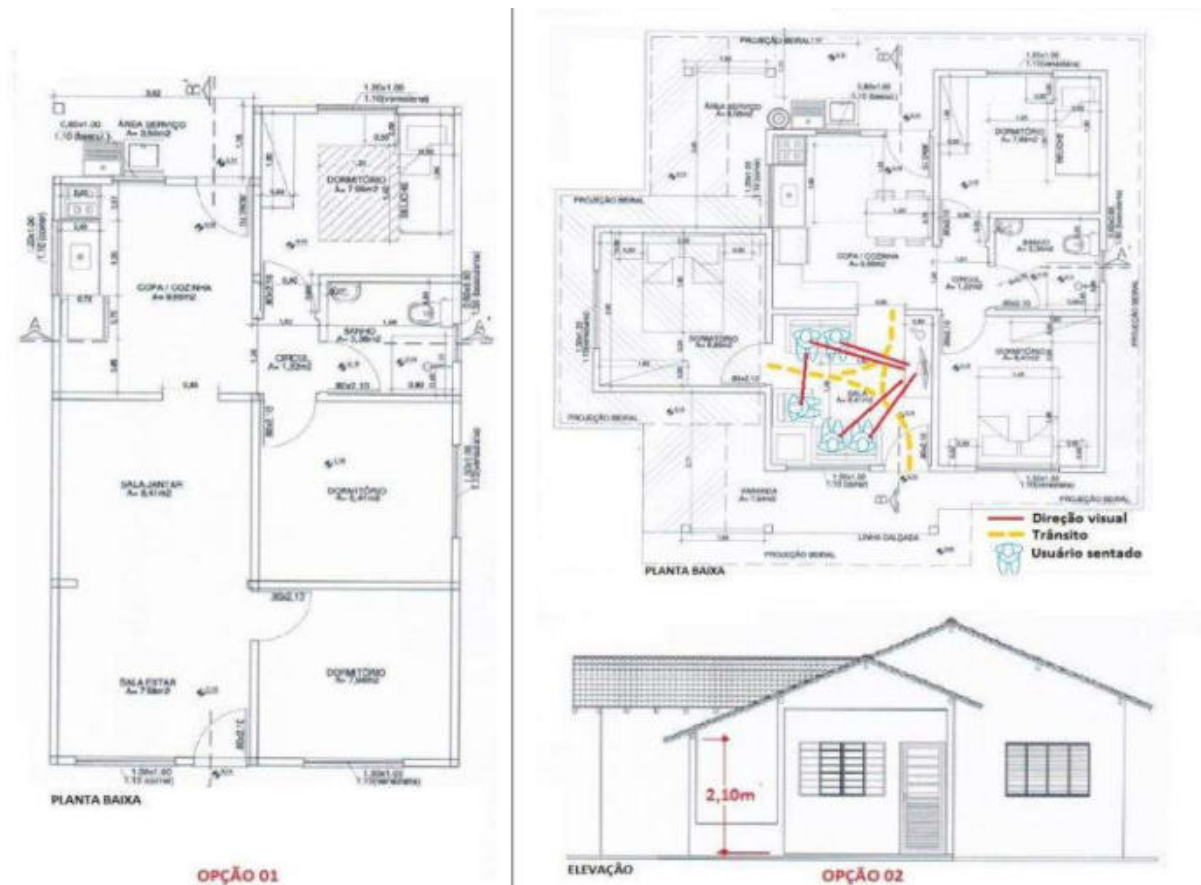


Figura 45. Propostas de ampliação elaborada pela EO1

Para concretizar a segunda alternativa, seria necessário remover parte da cobertura da moradia existente e, ainda assim, o pé-direito na extremidade da varanda ficaria com apenas 2,10m, conforme demonstrado na Figura 5.

A única proposta de ampliação apresentada pela EO2 (Figura 6) se assemelha a primeira opção apresentada pela EO1, composta por uma sala e um terceiro dormitório em frente á moradia existente. Apesar de ser possível executá-la sem grandes intervenções na moradia existente, a posição das aberturas na nova sala limita a disposição da mobília e compromete sua funcionalidade.

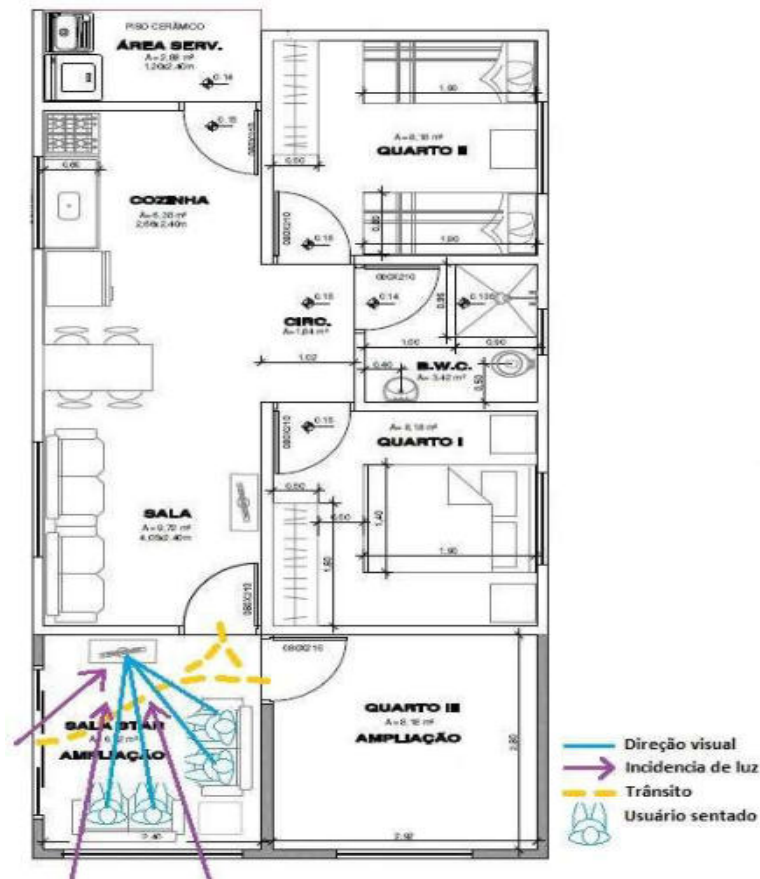


Figura 46. Propostas de ampliação elaborada pela EO2

A EO3 também apresentou duas opções de ampliação (Figura 7), propondo na primeira alternativa uma cozinha caipira com área útil de 15,92m<sup>2</sup> e acesso pela área de serviço existente, e também uma varanda em “L” contornando duas faces da sala existente, que apesar de, pelas proporções, aparentar bom tamanho, não apresenta cotas de dimensionamento. A segunda opção mantém a varanda e substitui a cozinha caipira por uma suíte com banheiro integrado e acesso pela cozinha existente, comprometendo sua já limitada funcionalidade.



Figura 47. Propostas de ampliação elaborada pela EO3

As propostas de ampliação se mostram pouco condizentes com as necessidades das famílias, ou ainda, quando condizentes, difíceis de serem concretizadas pelas características tipológicas das moradias já construídas. Além disso, as propostas apresentadas carecem de detalhamento construtivo, dificultando que os beneficiários venham futuramente, por conta própria, seguir o que está sendo proposto. Esse fato demonstra que, além do recurso limitado, o desinteresse por parte das EO também dificulta que os beneficiários tenham suas necessidades atendidas.

Os beneficiários também relataram dificuldade em realizar as ampliações caso não haja um programa do governo voltado para essa finalidade, o que exigiria a mobilização de recurso e mão de obra própria, conforme aponta também a EO3.

[...]Se você for pegar família que não tem acesso ao crédito, é difícil uma família que consegue ter uma casa acabada[...], [...] quando ela tem o recurso no campo, ela vai comprar uma vaca, vai investir no plantio, no solo, vai fazer um chiqueiro melhor. Geralmente eles vão investir o recurso na produtividade e a casa vai ficando em segundo plano (EO3).

Além da moradia propriamente dita, foram identificadas outras necessidades para a manutenção das famílias em suas atividades produtivas e para concretizar os planos que possuem para suas propriedades. Essas necessidades, de acordo com as vocações dos agricultores, são diversas e vai desde a perfuração de poço pra suprir necessidades básicas como o acesso a água, a itens simples como tela e sombrite para a produção de hortaliças, cercas para criação de gado, ou estruturas maiores como galpões, currais e até tanques para criação de peixe.

É essencial compreender o ambiente rural como um todo, onde moradia, produção, serviços, infraestrutura, terra, são elementos indissociáveis, interdependentes. Ao mesmo tempo em que se prioriza o investimento, por exemplo, em algum implemento agrícola, se compromete a produtividade ao deixar a moradia em segundo plano, pelas funções de apoio a produção que ela assume no meio rural.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As Especificações Técnicas Mínimas estabelecidas pelo Ministério das Cidades demonstram uma preocupação que prioriza a qualidade dos materiais empregados nas edificações, deixando esquecida a qualidade funcional da moradia, que no meio rural reflete no modo de vida, na produtividade e na manutenção das famílias no campo.

É previsto pelo programa um mobiliário mínimo diminuto e tipicamente urbano, o que conduz à formatação de uma tipologia habitacional semelhante às implementadas nas cidades, uma vez que tudo o que é posto como mínimo pelo PNHR, em razão dos recursos limitados e desinteresse, é tido como o máximo possível pelas EO.

Apesar de o PNHR ter seu valor reconhecido e as moradias serem consideradas boas por quem viveu durante anos em barracos precários, os beneficiários ainda sentem a necessidade de elementos considerados essenciais ao seu modo de vida. Nesse sentido, o meio rural ainda carece de políticas voltadas a atender a demanda por moradia digna, mais do que um simples programa habitacional que não tem as particularidades do ambiente e do público ao qual se destina reconhecidas por quem o planeja e o implementa.

#### **5. REFERÊNCIAS**

- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Edições 70, LDA. Lisboa, Portugal. 1977.
- BIERNACKI, Patrick; WALDORF, Dan. *Snowball Sampling: Problems and techniques of Chain Referral Sampling*. *Sociological Methods & Research*, vol. nº 2. 1981.



- BRASIL. Lei Federal nº 12424 de 16 de junho de 2011. Dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV, Brasília, 2011.
- \_\_\_\_\_. MINISTERIO DAS CIDADES. Portaria 366 de 07 de Junho de 2018. Regulamenta o Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR), integrante do Programa Minha Casa, Minha Vida, para os fins que especifica. 2018.
- BROSLER, Taísa M.; BERGAMASCO, Sonia M. P. P. A conquista do direito à moradia no meio rural; proposta de construção de um indicador. Paranoá: caderno de arquitetura e urbanismo, n.17, 2016.
- CARVALHO, Aline W. B. et al. Programa Nacional de Habitação Rural e modo de morar no campo: reflexões a partir da casa rural na Zona da Mata mineira. Paranoá: caderno de arquitetura e urbanismo, n.17, 2016.
- COLETTI, Mariana N. B. F. et al. Adequação do projeto de habitação rural ao perfil de seus moradores em assentamentos rurais de ocupação recente. Caso da comunidade 3/MST, do Assentamento Santa Monica - Terenos/MS. XIII ENTAC. Canela, Rio Grande do Sul. 2010.
- DINIZ, Edite L. et al. Comunidade Negra Rural Quilombola Porto Dom João: a Habitação no Contexto do Conflito por Terra. Paranoá: caderno de arquitetura e urbanismo, n.17, 2016.
- LOPES, João M. de A. et al. O habitat da “não cidade” como um problema para a arquitetura e urbanismo. Paranoá: caderno de arquitetura e urbanismo, n.17, 2016.
- MOZZATO, Anelise R.; GRZYBOVSKI, Denise. Análise de Conteúdo como Técnica de Análise de Dados Qualitativos no Campo da Administração: Potencial e Desafios. Revista de Administração Contemporânea, Curitiba, v. 15, n. 4, p. 731-747, 2011.
- PERRIN, Anaís G.; FERREIRA, Thiago L. Casa Suindara: Formação, experimentação e construção no habitat rural. Paranoá: caderno de arquitetura e urbanismo, n.17, 2016.
- RODRÍGUEZ, Angel S. C. Qualidade da Habitação nos Assentamentos Rurais no PNHR/PMCMV do Estado de São Paulo. 2016. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.
- ROVER, Oscar J.; MUNARINI, Paulo R. A política de habitação rural e o desenvolvimento da agricultura familiar. Revista Katálysis 13, p. 260-269, 2010.
- SHIMBO, Lúcia Z. “A casa é o pivô”: mediações entre o arquiteto, o morador e a habitação rural. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.
- SILVA, Cecília M. G. Habitação rural: uma luta por cidadania. 2014. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2014.
- THEODORO, Júlia H. et al. Financiamento Habitacional no Campo: a sustentabilidade como problemática no desenvolvimento de edificações rurais. Caso do Distrito Federal. Paranoá: caderno de arquitetura e urbanismo, n.17. 2016
- VINUTO, Juliana. A amostragem em bola de neve na pesquisa qualitativa: um debate em aberto. Temáticas, Campinas, 22. Campinas, São Paulo. 2014.





## **Salud y ambiente construido.**

# A SUSTENTABILIDADE SOCIAL E O MODELO CONSTRUTIVO PARA EDIFICAÇÕES RURAIS: UM ESTUDO DE CASO NO ASSENTAMENTO ITAMARATÍ

Christian Souza Barboza ([christianbarboza@ufgd.edu.br](mailto:christianbarboza@ufgd.edu.br)); Douglas Barreto  
([dbarreto@ufscar.br](mailto:dbarreto@ufscar.br))

Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
(UFSCar-PPGECiv) - Brazil

**Palavras chave:** Sustentabilidade, Dinâmica social, edificação do ambiente

*O então assentamento rural Itamarati, situado próximo à fronteira Brasil e Paraguai, na região sudoeste estado de Mato Grosso do Sul (MS), teve a sua criação em 2002. Com uma área de 50 mil hectares e população superior à 15.000 habitantes, fora considerado o maior assentamento proveniente de reforma agrária na América Latina. Em 2015, foi elevado à categoria de distrito do município de Ponta Porã-MS, Brasil. Este trabalho apresenta, sob o espectro da dimensão social, abarcada no conceito de sustentabilidade os aspectos relacionados à construção, disposição e organização das edificações em um assentamento rural ao longo do tempo. A pesquisa foi estruturada a partir da análise de mapas e geo-imagens em diferentes datas durante uma década de análise (2005 a 2015). Foi feito um levantamento bibliográfico abrangendo artigos, reportagens, documentos históricos e legislações acerca do local estudado, sendo ainda, feitas visitas in loco para se entender melhor a organização deste agrupamento populacional. A partir da análise dos dados, encontrou-se um padrão construtivo para agrovilas presentes no interior do assentamento. Identificaram-se duas formas básicas para a organização social e produtiva: uma sendo seguindo o modelo casa-lote, onde, as edificações residenciais ficam no próprio lote produtivo; e a outra, sendo caracterizada pela formação de um aglomerado com características urbanas (apresentando ruas não pavimentadas, comércios, escola e outros), com os lotes sendo utilizados apenas para a realização de atividades da produção agrícola. Conclui-se que a tradição construtiva urbana é replicada de maneira significativa nestas localidades, sendo, em diversas situações a saída não mais sustentável, denotando-se a necessidade de abordagens híbridas para a classificação desta localidade que apresenta aspectos urbanos e rurais que se inter-relacionam dinamicamente.*

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável figura, dentre a agenda das discussões mundiais na atualidade, como um dos debatidos por pesquisadores, gestores e governantes. Conceituado sob diversas abordagens a busca por produtos e processos mais sustentáveis não é um caminho determinista, sendo a sua definição mais aceita as conclusões chegadas a partir do relatório de Brundtland, onde, uma ação ou o objeto desta ação é mais sustentável quando compreende o equilíbrio entre a prudência ambiental, desenvolvimento econômico e respeito às questões sociais (DEPONTI, 2001).

A sustentabilidade ainda é um desafio, estando ainda, muito vinculada às questões ecológicas e ambientais. As questões econômicas são, na maioria das vezes relacionadas às condições de contorno para se manter o ambiente a um limiar resiliente e, na maior parte das abordagens, as questões sociais são negligenciadas ou, como no caso específico da avaliação da sustentabilidade do ambiente construído, focadas no conforto dos seus usuários. A edificação de moradias e dos espaços urbanizados apresentam outras características importantes além da avaliação do desempenho destes locais ante aos seus

impactos, considerando-se, sob uma abordagem mais holística, questões voltadas a promoção da qualidade de vida das pessoas que interagem o “imóvel” nestes espaços.

Diversas formatações políticas para se implantar soluções às necessidades sociais foram experimentadas pelas populações ao redor do mundo. No Brasil atual, uma recém democracia, as ações são pautadas em um sistema tripartido, onde, a esfera executiva administra os recursos destinados à manutenção das necessidades sociais e serviços públicos, assim como os poderes legislativos e judiciários são responsáveis por traduzir as necessidades da população em forma de leis e fiscalizar, com base na constituição federal e demais legislações, as demais esferas respectivamente. Neste cenário, a partir da implementação da constituição de 1987, o direito a uma moradia digna passa a ser um direito de todos os cidadãos e, portanto, também uma preocupação estatutária. Diversos projetos e ações políticas foram implementados desde então e, especialmente para a população sob vulnerabilidade social e econômica das regiões não urbanas, a destinação de terras improdutivas ou adquiridas pelo estado para fins de reforma agrária se espalharam pelo país. Os assim denominados “Assentamentos rurais”, buscam garantir a fixação da população camponesa em áreas rurais, gerando condições de auto sustento e desenvolvimento local. Evitando-se entre outras problemáticas, a migração destas pessoas para os grandes centros urbanizados e a sua conseqüente marginalização estrutural. (RAMIREZ; SOUZA; BERGAMASCO, 2004)

A conceituação histórica e social vinculada a um Assentamento é bastante profunda, inserido em um ambiente rural, estes espaços são locais aonde as interações sociais e culturais são intensas, famílias de diferentes culturas com diferentes cargas históricas convivem em um sistema produtivo, inevitavelmente comunitário. O ambiente aonde outrora havia um vazio social, agora passa a abrigar uma sociedade específica e em formação, com valores, costumes e dinamismo econômico próprio. Bergamasco e Nolder (1996) descrevem estas organizações sociais como sendo constituições de unidades de produção agrícolas através de políticas governamentais, possuindo o objetivo de reordenar o uso da terra, assim como buscar novos padrões sociais na organização da produção agrícola.

Segundo INCRA (1996), um assentamento rural é um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si, instaladas pelo mesmo instituto, onde, originalmente, existia um imóvel rural que pertencia a um único proprietário. Essas unidades são chamadas de parcelas, lotes ou glebas e são entregues pelo órgão a uma família em vulnerabilidade econômica. A quantidade de lotes dentro do assentamento é condicionada a capacidade do local em suprir as famílias que serão ali instaladas. O tamanho e a localização dos lotes são determinados a partir da configuração geográfica e condições produtivas oferecidas pelo local. Porém, a composição de um assentamento pode assumir um caráter mais abrangente e complexo. Quanto aos aspectos arquitetônicos, por exemplo, as tipologias adotadas relacionam-se ao uso, condições climáticas e outros.

Com o objetivo de se discutir a evolução da organização espacial no Assentamento Itamarati-MS sob a ótica da sustentabilidade social, a pesquisa se propõe a responder, por meio de um estudo de caso, como se deu a ocupação do solo na área de estudo ao longo dos anos de 2005 à 2015.

## 2. METODOLOGIA

Uma das principais partes de um trabalho acadêmico é a estruturação sistemática e estratégica dos passos metodológicos a serem desenvolvidos para se alcançar os objetivos propostos. Para a presente pesquisa, estruturou-se tais etapas como segue:

- Revisão da literatura acadêmica, documentos históricos e leis relativas à criação do então assentamento e agora distrito de Itamarati-MS;

- Entrevistas não-estruturadas com lideranças e gestores do INCRA;
- Elaboração de uma carta analítica da evolução do uso do solo na região;
- Análise da evolução espacial por meio de geo-imagens da região;

A etapa de revisão bibliográfica permitiu reunir informações e conceitos sobre as comunidades locais e ainda a identificar vulnerabilidades sociais. Importante para o processo de construção histórica dessas comunidades, os fatos históricos e geográficos da consolidação do assentamento também fizeram parte dos levantamentos bibliográficos.

A realização de entrevistas não estruturadas com lideranças do INCRA, propiciou o aprofundamento da verificação de padrões e arranjos espaciais adotados. As tomadas de dados de diferentes fontes enriqueceram o debate acerca do tema.

Para a elaboração da carta de avaliação da ocupação e uso do solo foi realizado o levantamento da série temporal das imagens orbitais a partir da missão landsat TM 5 e 8, da órbita 225 e ponto 075. A composição das bandas RGB (rede, Green, BLUE) foi feita utilizando-se as respectivas bandas 5, 4 e 3. Para realização da análise e confecção carta imagem, foi utilizado a plataforma QGIS, sendo os dados obtidos a partir da base de imagens orbitais fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As demais geo-imagens foram obtidas por meio do software "Google Earth Pro". A área estudada (latitude 22°11'37.99"S / longitude 55°35'32.81"O), com área aproximada de 2.11 hectares, foi escolhida pela significativa alteração sócio geográfica ocorrida na década em análise (agosto de 2005 a agosto de 2015). Na região de interesse foram identificadas três sub-regiões específicas que exemplificam formatos diferentes organização social, estas formatações são identificadas em outras diferentes regiões então distrito.

A utilização de geo-imagens com alta resolução para geo-referenciamento de área de dimensões reduzidas é uma importante ferramenta metodológica para se identificar detalhes referentes à ocupação, os padrões tipológicos podem ser detalhados padrões podem ser identificados, porém, em áreas com grandes dimensões espaciais, tal metodologia apresenta alguns desafios relacionados a incoerências encontradas a padronizações imputadas para se agrupar tipologias de uso e/ou ocupação do solo. (MOREIRA, et al., 2007).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1. O assentamento Itamarati**

Na zona rural de Ponta-Porã, a 324km da capital do Estado de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, localiza-se a antiga Fazenda Itamaraty (figura 1). De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Assentamento Itamarati tinha, em 2012, uma população estimada de 15.867 habitantes que estão distribuídos por mais de 50 mil hectares, sendo considerado o maior assentamento rural da América Latina.

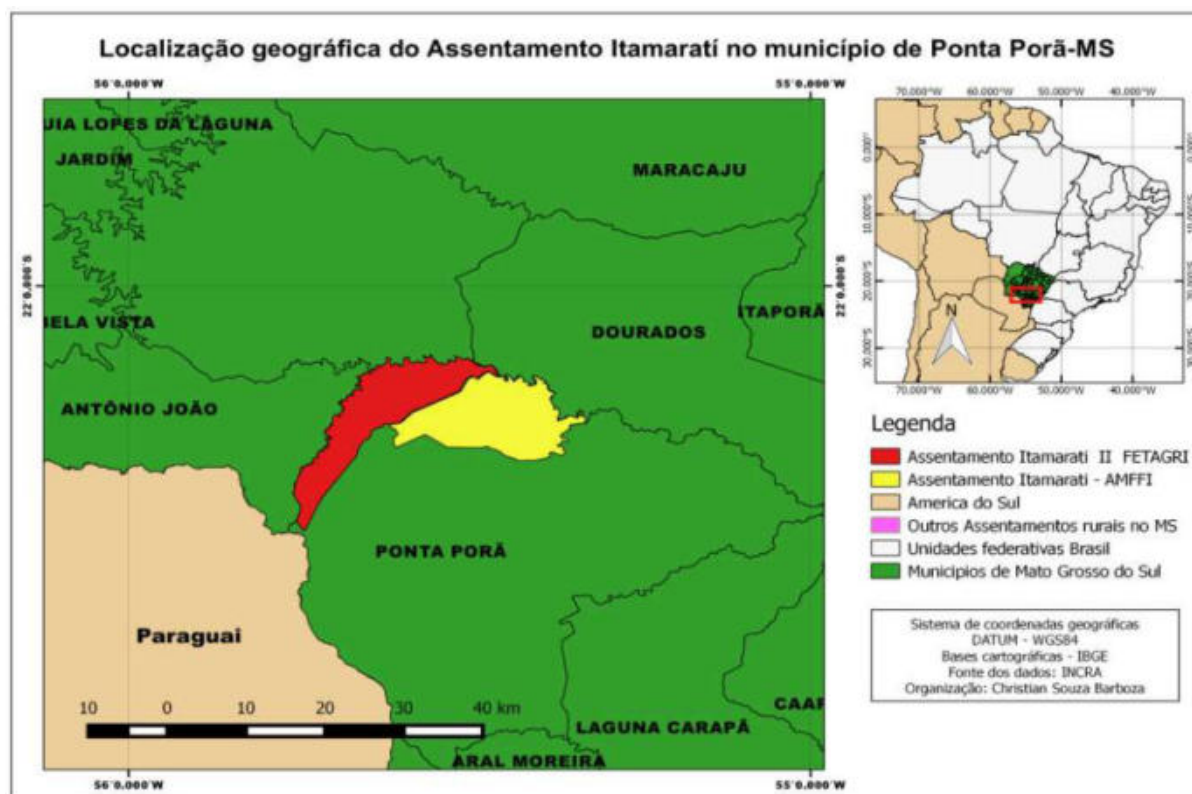


Figura 1. Posicionamento geográfico do Assentamento Itamarati

Em 2015, o Assentamento Itamarati (I e II) foi elevado à categoria de distrito da cidade de Ponta Porã pelo Projeto de Lei 02/2015. A população do agora Distrito Nova Itamarati é tão relevante que, de acordo com o portal do Instituto nacional de colonização e reforma agrária (INCRA), se fosse um município, ocuparia o 38º lugar entre os municípios mais populosos do Estado de Mato Grosso do Sul, ficando à frente de outras 41 cidades.

No processo de ocupação territorial destacam-se dois momentos distintos, o primeiro, em 2002, há o assentamento na primeira parte da propriedade destinada à Reforma Agrária (Assentamento Itamarati I) e um segundo em 2004, onde, o restante das terras são adquiridas e há o assentamento de outras famílias (Assentamento Itamarati II). Na primeira fase, de acordo com o Plano de Desenvolvimento do Assentamento Itamarati I (PDA Itamarati 2002), a organização se deu da seguinte forma: o movimento dos trabalhadores sem-terra (MST), fora representado por 320 famílias; a Central Única dos Trabalhadores (CUT) possuía 280 famílias; a Federação dos Trabalhadores na Agricultura (FETAGRI) 395 famílias e a Associação dos Moradores e Funcionários da Fazenda Itamaraty (AMFFI) 150 famílias assentadas.

De acordo com Neves, et al (2012), na segunda fase (2004), assentaram-se 1.692 famílias: a Federação dos Trabalhadores na Agricultura (FETAGRI) representa 35% das famílias, o Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) 33% das famílias, a Central Única dos Trabalhadores (CUT) 16 % das famílias, a Federação Agricultura familiar (FAF) 9 % das famílias e a Associação do Ex-Funcionários da fazenda Itamaraty (FAFI) 7% das Famílias). A figura 2 esquematiza a organização territorial dos movimentos sociais presentes no Assentamento Itamarati.



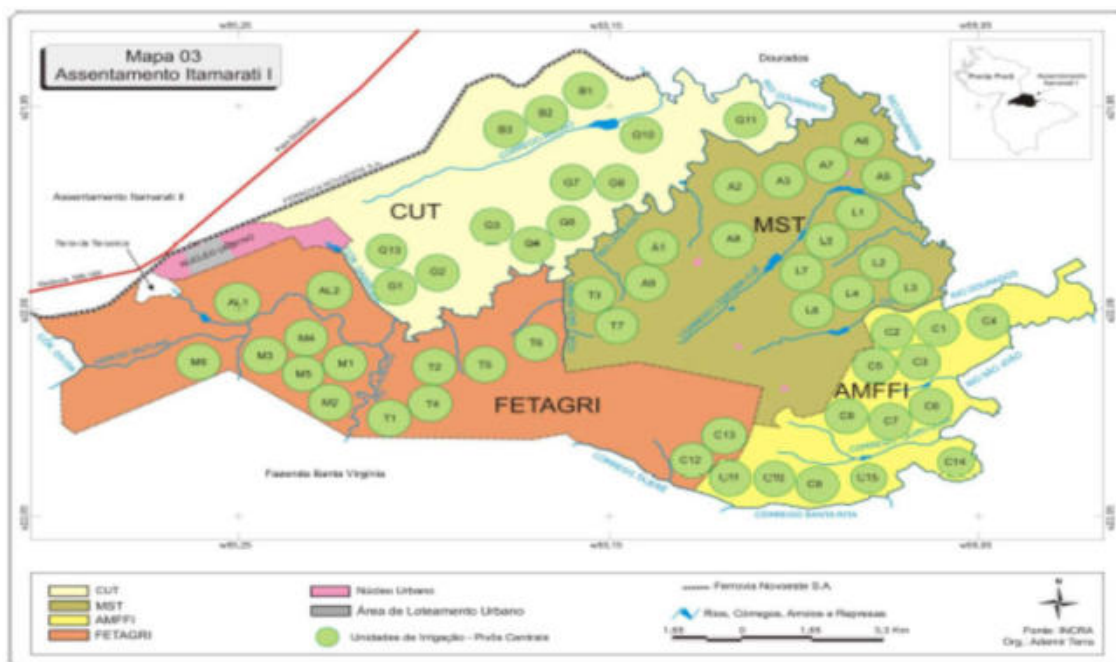


Figura 2. Assentamento Itamarati - Distribuição espacial dos movimentos sociais.

Fonte: (TERRA, 2009)

### 3.2. Análise da evolução da organização espacial ao longo do tempo

Ao longo dos anos a alteração no uso e ocupação do solo se deu de maneira ostensiva por toda a região do Assentamento, sendo observado a diminuição das áreas destinadas ao plantio e criação de animais (figura 3). Se observa aumento do adensamento populacional e o estabelecimento de novos sub-lotes e arruamentos.

A área do Assentamento foi alterada de maneira significativa ao longo da década analisada, inicialmente, em 2005 é possível verificar-se algumas das instalações remanescentes da antiga Fazenda Itamarati, regiões de cultivo de grão de maneira extensiva e sob irrigação por meio de pivôs rotativos (região 1), agrovilas de funcionários (região 2) e estocagem de grãos e insumos (região 3), conforme verificado na figura 4.

Após cinco anos, nas áreas em análise, pouco se foi alterado (figura 4), observa-se, nas regiões 1 e 2, a inatividade das áreas plantadas e a presença de poucos habitantes. Tal situação demonstra que, de 2001 a 2010, a região que deveria abrigar diversas famílias de assentados, encontra-se, ainda, com um grande vazio demográfico.

Na mesma região após uma década de ocupação (figura 5), as microrregiões em estudo se desenvolveram de formas distintas, porém, todas as áreas apresentaram um acréscimo na concentração demográfica e, ainda, as regiões de monoculturas foram substituídas por propriedades diferentes, com o manejo agrícola distinto, com produtos sendo implementadas em diferentes momentos.

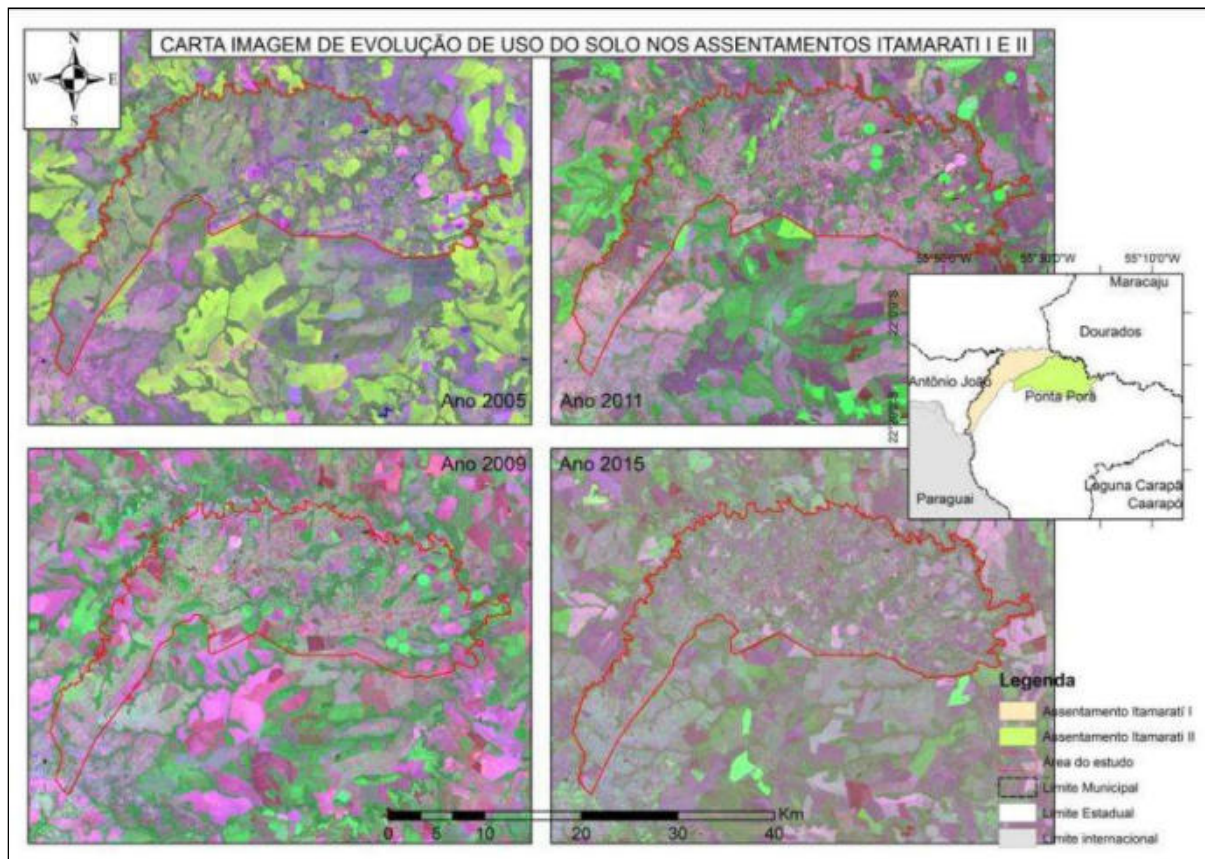


Figura 3. Análise da ocupação do solo entre os anos de 2005 à 2015



Figura 4. Organização espacial no Assentamento Itamarati entre 2005 e 2010

Fonte: Adaptado Google Earth (2018).





Figura 5. Organização espacial no Assentamento Itamarati em 2015

Fonte: Adaptado Google Earth (2018).

Especificamente na microrregião 1, o tipo de ocupação caracteriza-se pelo sistema casa-lote, onde, conforme informações fornecidas pelo INCRA, o terreno é loteado em porções menores de terra que são destinadas às famílias assentadas. Neste sistema a residência fica no interior dos lotes produtivos.

As edificações verificadas nestas regiões apresentam um padrão construtivo: edificações residenciais construídas com alvenaria de tijolos cerâmicos sem reboco, telhados em duas águas com telhas cerâmicas e esquadrias metálicas; (figura 6)



Figura 6. Região 1 Sistema casa-lote Itamarati, Ponta Porã-MS em agosto de 2015

Fonte: Adaptado Google Earth (2018).

Na região 2, a formação de quadras por meio de arruamentos pré-existent deu origem a ocupação populacional por meio de agrovilas residenciais, onde, as edificações são agrupadas em uma mesma região, fora dos lotes produtivos (figura 7). Nesta região as edificações não seguem padrões bem definidos, as casas apresentam dimensões e

acabamentos superiores aos da região 1, sendo que, várias destas foram edificadas antes da implementação do assentamento.



Figura 7. Região 2 Sistema agrovilas residenciais Itamarati, Ponta Porã-MS em agosto de 2015

Fonte: Adaptado Google Earth (2018).

A região 3 apresenta as maiores discrepâncias nas tipologias arquitetônicas. Neste local, devido a diversos fatores, tais como o relevo, proximidade a vias pavimentadas de acesso e estocagem de grãos, desenvolveu-se uma concentração de edificações comerciais. As vias internas de circulação apresentam dimensões superiores às outras regiões, sendo, duas principais, perpendiculares entre si e as demais irradiando a partir do ponto de encontro das primeiras. (Figura 8).



Figura 8. Região 3 Desenvolvimento de polos comerciais Itamarati, Ponta Porã-MS em agosto de 2015

Fonte: Adaptado Google Earth (2018).



O local é de suma importância para as famílias assentadas, pois, é no núcleo urbano que são estabelecidas as relações comerciais e tomadas as decisões que influenciam o destino dessas famílias. Há, no núcleo urbano, muitos estabelecimentos comerciais, posto policial, posto de saúde, posto do INCRA, caixas eletrônicas, agência dos correios, escola, mercados, lojas de materiais de construção e outros. Tais constatações também foram descritas por Terra (2009):

*“ Onde se localizava a sede da antiga Fazenda Itamarati, encontra-se hoje um pequeno núcleo urbano com aproximadamente 700 imóveis, segundo informações levantadas na Prefeitura de Ponta Porã, sendo que 416 deles foram construídos pela antiga empresa e cerca de outros 300 foram erguidos posteriormente à implantação do Assentamento Itamarati II, uma vez que não faziam parte do Assentamento Itamarati. ” (TERRA, 2009).*

No local é possível verificar grande diversificação nas atividades comerciais locais, tais como: farmácias, supermercados, lanchonetes, padarias, escritórios de contabilidade, hotéis, lojas de materiais de construção, clínica dentária, ótica, escritório de advocacia, *lan house*, loja de móveis, veterinárias, oficinas mecânicas (para carros, motos e tratores), restaurantes, igrejas, loja de confecções, autopeças, correio, escolas de informática, distribuidora de gás, serralheria, salão de beleza, clube de recreação, jornal semanário.

A promoção de qualidade de vida e diminuição das vulnerabilidades social das populações passa, necessariamente, pela garantia básica ao acesso a uma moradia digna e, para os trabalhadores rurais, isso não é diferente (CANÇADO Et al, 2014). Neste sentido, se estabelece uma relação entre os diversos formatos de povoamento do assentamento Itamarati e as tipologias construtivas identificadas. Em sua implementação, o INCRA estruturou o formato de divisão de áreas por movimentos sociais aos quais as famílias pertenciam, agrupando-as. Isso influenciou diretamente as formas como cada região se organizou. O MST organizou as áreas destinadas aos seus integrantes de maneira que as famílias ficassem próximas entre si (em sistema de agrovilas) e mantinham áreas de produção comum. Já a FETAGRI, por exemplo, organizou suas áreas de maneira mais dispersa geograficamente (sistema casa-lote). O grupo de ex-funcionários da fazenda (AMFFI) apresentou, em comparação aos demais grupos, bons resultados organizacionais, tal situação é explicada, segundo lideranças e assentados, pelo fato destes já possuírem acesso às técnicas construtivas tradicionalmente utilizadas, à tecnologia de produção, conhecendo as formas de tratar a terra, as características do lugar e como utilizar os equipamentos, também mantendo área de produção comum, por exemplo.

Para a região analisada, de maneira geral, verificou-se que o então planejado Assentamento Rural, toma contornos de espaço urbano, crescendo de maneira não planejada, onde, espaços e ambientes construídos são concebidos e edificados por meio de técnicas e materiais construtivos tradicionais, sendo verificado este comportamento entre os diversos grupos ali estabelecidos.

#### **4. CONCLUSÕES**

Para a área estudada, foram verificadas três configurações espaciais e construtivas, sendo, a ocupação da área feita sob três aspectos principais: através do sistema casa-lote (com a presença de grande padronização construtiva), a formação de agrovilas residências e, ainda, a formação de aglomerados com características urbanas. Para todas as microrregiões foi verificada uma forte influência dos grupos sociais aos quais os assentados eram vinculados no período pré assentamento.

A sensação de segurança e diminuição de vulnerabilidades sociais se é verificada com a possibilidade das famílias, até então acampadas, poderem se auto sustentar a partir da sua



relação com a terra, como também descrito por Riedner *et al.*, (2017), porém, a mudança do perfil do uso do solo nestas regiões levanta outras necessidades sociais, vinculadas ao ambiente urbano, para a satisfação de horizontes mais sustentáveis

Este trabalho dá indícios para novas abordagens quanto a avaliação da sustentabilidade no então Assentamento Itamarati, sendo necessário a adoção de premissas que se pautem tanto nas considerações de áreas rurais como nas necessidades e impactos de áreas urbanizadas, já que, para este pequeno espaço se verifica a ocorrência de comportamentos hora campesino hora urbano.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M. G (2012). *Habitação De Interesse Social No Brasil: Caracterização Da Produção Acadêmica Dos Programas De Pós-Graduação De 2006 A 2010. Dissertação. Universidade Federal De Mato Grosso – UFMT. Cuiabá – MT.*
- Bergamasco, S.M.; Norder, L.A.C. (1996). *O Que São Assentamentos Rurais. São Paulo: Brasiliense, 88p. (Col. Primeiros Passos, 301).*
- Cançado, T. C. L.; Souza, R. S; Cardoso, C. B. S. (2014) *trabalhando O Conceito De Vulnerabilidade Social. XIX Encontro Nacional De Estudos Populacionais, ABEP. São Pedro/SP – Brasil.*
- Deponti, C. M. (2001) *Indicadores para avaliação da sustentabilidade em contextos de desenvolvimento rural local. p. 156.*
- Google Earth (2018). *Página inicial. Disponível em: <http://earth.google.com/>. Acesso em fevereiro de 2018.*
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>.*
- INCRA – INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. *Estatísticas cadastrais municipais - recadastramento 1992. v.1. Brasília: INCRA, 1992. Disponível em: <[www.incra.gov.br](http://www.incra.gov.br)>.*
- \_\_\_\_\_. *Atlas fundiário brasileiro. Brasília: INCRA, 1996.*
- \_\_\_\_\_. *Estatísticas cadastrais municipais – situação 03/04/1998. v.1. Brasília: INCRA, 1998. Disponível em: <[www.incra.gov.br](http://www.incra.gov.br)>.*
- Moreira, M. A. et al (2007). *Tecnologia de informação: imagens de satélite para o mapeamento de áreas de café de Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte. p.27-37.*
- Neves, M. F., Mussury, L., Mussury, R. (2012); *Análise do processo de diversificação e agregação agroecológico do assentamento Itamarati-MS.*
- Ramirez, g. M.; souza, v. F. De; bergamasco, s. M. P. P. (2004). *A organização do espaço produtivo no assentamento Sumaré I..*
- Riedner, I. N. Et al. (2017) *dimensão social da sustentabilidade: uma análise a partir de Propriedades Produtoras de Mandioca. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 14, n. 3, p. 396–425.*
- Terra, A. (2009). *Reforma Agrária Por Conveniência E/Ou Por Pressão? Assentamento Itamarati Em Ponta Porã – Ms: “O Pivô Da Questão”.*

# SALUBRIDADE E HABITABILIDADE EM ÁREAS DE OCUPAÇÕES ESPONTÂNEAS: UM ESTUDO NO BAIRRO SÃO JOSÉ, VITÓRIA-ES

Natielle Rangel Lopes ([natiellerl@gmail.com](mailto:natiellerl@gmail.com)); Érica Coelho Pagel ([erica.pagel@uvv.br](mailto:erica.pagel@uvv.br));  
Alexandre Ricardo Nicolau ([alexandre.nicolau@uvv.br](mailto:alexandre.nicolau@uvv.br))

Universidade Vila Velha (UVV) - Brazil

**Palavras chave:** ocupação espontânea, salubridade ambiental, habitabilidade, metodologia de avaliação.

*O crescimento urbano aliado à desigualdade social resultou no surgimento de um modo de ocupação informal e sem nenhum planejamento. Este modo de ocupação, caracterizado em sua maioria pelo padrão construtivo precário, resultante, por sua vez, da falta de atendimento as normatizações pertinentes e a ausência de orientação profissional, interfere nas condições de (in)salubridade e (in)habitabilidade do espaço. Enquanto a salubridade ambiental está relacionada à capacidade de interferência das condições do meio - no qual a habitação está inserida - na manutenção da saúde e bem-estar dos indivíduos, a habitabilidade envolve os requisitos básicos para que um espaço seja considerado habitável, tais como as circunstâncias de interação e o conforto dos usuários. Este estudo objetiva propor uma metodologia para diagnóstico das condições de salubridade e habitabilidade em áreas consolidadas e originadas por ocupações espontâneas, de forma a localizar os principais 'cenários-problema'. Como método foram selecionados um conjunto de parâmetros extrínsecos e intrínsecos a habitação a partir de indicadores de salubridade ambiental e conceitos de habitabilidade já apresentados pela literatura existente. Esses parâmetros foram divididos em dez temáticas: abastecimento de água, esgotamento sanitário, resíduos sólidos, drenagem urbana, energia elétrica, vias de circulação, condições socioeconômicas, aspectos da moradia, instalações sanitárias e iluminação e ventilação natural. A metodologia proposta foi aplicada em um estudo de caso no bairro São José, no município de Vitória-ES. Os resultados apontaram que as condições com prejuízo para a salubridade e habitabilidade, em geral, se concentram em locais com vias de pouca largura e edificações em miolos de quadra. O presente trabalho reforça a importância da elaboração de diagnósticos de análise em áreas de interesse na ação pelo poder público, capaz de indicar situações críticas que necessitam de atenção mais urgente e pontual, levando em consideração a saúde, higiene e melhoria da qualidade de vida da população.*

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da população urbana intensificou a competição por um espaço para morar, o que culminou em uma segregação territorial orientada e promovida pela desigualdade social. Nessa disputa, a população excedente, trabalhadora e menos favorecida foi excluída do mercado formal da habitação, resultando na ocupação espontânea de áreas mais distantes, desvalorizadas e/ou ambientalmente frágeis (MARICATO, 2003). Este modelo de ocupação surgido informalmente e sem planejamento, sem propriedade legal da terra, com escassa ou inexistente oferta de serviços públicos essenciais e onde se instalam abrigos improvisados e de padrão precário, trata-se por ocupação espontânea (RIBEIRO, 2007).

O processo de urbanização nestas áreas ocorreu no sentido inverso, com a implantação da infraestrutura posteriormente à ocupação e mostrou-se incapaz de atender as demandas de moradia e infraestrutura do novo contingente populacional de maneira apropriada (MARICATO, 2000). Assim, contribuiu para a perpetuação de um segmento marcado pela

informalidade e precariedade. Portanto, mesmo após consolidadas, as áreas que tiveram origem em ocupações espontâneas preservam características como a densa aglomeração, lotes irregulares, vias estreitas, pouca ou nenhuma comunicação com a malha urbana da cidade formal e o padrão precário das habitações, estabelecidas sem qualquer orientação profissional e que, por sua vez, são marcadas pela provisoriedade e pela constante evolução da construção (GERALDO, 2013). Esse conjunto de fatores é, simultaneamente, agente promotor e produto das precárias condições de qualidade de vida dos habitantes, uma vez que compõe o meio em que estão inseridos.

Os conceitos de salubridade ambiental e habitabilidade se baseiam na influência do ambiente na qualidade de vida dos usuários. A salubridade ambiental trata da influência das condições do meio na manutenção da saúde e bem-estar dos indivíduos (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA, 2004). Já a habitabilidade aborda os requisitos básicos para que um espaço seja considerado habitável, considerando as condições de interação e o conforto dos usuários, seja na unidade habitacional ou no espaço urbano (BONDUKI, 2001). Entre estes requisitos, a NBR 15575, denominada Norma de Desempenho, tem foco na edificação, estabelecendo exigências de: estanqueidade; desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; conforto tátil e antropodinâmico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2013). Logo, as condições adequadas de salubridade ambiental e de habitabilidade são imprescindíveis para o exercício do direito de habitar dignamente.

O Comentário n° 4 do Comitê sobre os Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (UNITED NATIONS, 1991) definiu que o conceito de moradia ou habitação não deve ser restrito, mas sim entendido em sentido amplo, incluindo o direito de viver em segurança, paz e dignidade, ou seja, como moradia apropriada. Isto posto, pode-se inferir que a precariedade das condições ambientais do modelo de ocupação reflete nas condições de salubridade e habitabilidade e, conseqüentemente, na inadequação de moradias. Ou seja, a ocupação espontânea das áreas periféricas foi capaz de proporcionar habitação para a camada mais carente, porém apenas em seu sentido mais restrito, uma vez que está baseada na necessidade urgente de acomodar o maior número de famílias e é caracterizada por um padrão construtivo precário.

A inadequação de moradias passou a ser incluída como variável pela Fundação João Pinheiro (FJP) em seu estudo sobre o Déficit Habitacional no Brasil (FJP, 2018), pois parte do pressuposto que o problema da habitação no país não se resume à necessidade de construção de novas unidades, mas envolve também a adequação dos domicílios já existentes. Portanto, o estudo reforça a importância de dimensionar tal variável e sugere como melhor alternativa para o enfrentamento do problema da moradia a implementação de políticas complementares e recorrentes às políticas habitacionais, visando a adequação e melhoria dos domicílios.

Portanto, é importante investigar as condições ambientais que impactam negativamente na qualidade de vida da população, a fim de conceber onde e como agir para corrigi-las ou extingui-las. Tal avaliação se torna ainda mais relevante em áreas que possuem histórico de negligência de infraestrutura, como as ocupações espontâneas. Em vista disto, o presente estudo apresenta uma metodologia de diagnóstico das condições de salubridade e habitabilidade para áreas consolidadas originadas de ocupações espontâneas a partir da seleção e adaptação de parâmetros propostos em Indicadores de Salubridade Ambiental (ISA) apresentados em estudos precedentes, sugerindo também a inclusão de novos parâmetros, quando necessário. Entre os principais trabalhos que fornecem embasamento para tal, estão Almeida (1999), que elaborou um Indicador de Salubridade Ambiental para Favelas Urbanizadas (ISA/F); Dias (2003), que aplicou ISA em áreas de ocupação

espontânea em Salvador - BA; e Pedrosa *et al.* (2016), que realizaram uma avaliação pós-ocupação a partir de ISA em uma área de interesse social urbanizada.

No entanto, a metodologia de diagnóstico aqui proposta difere dos ISA pesquisados, principalmente, pela possibilidade de localização dos problemas relativos à salubridade e habitabilidade, evidenciando o que se denominou por 'cenários-problema'. Ou seja, é possível, por exemplo, direcionar pontualmente as intervenções necessárias e fornecer subsídios para a tomada de decisão pelo Poder Público.

A área escolhida como estudo de caso para aplicação da metodologia foi o bairro São José, localizado no município de Vitória - ES. O bairro, hoje consolidado, surgiu de uma ocupação espontânea e preserva características deste modelo que influenciam nas condições de salubridade e habitabilidade. O trabalho possibilitou identificar os principais aspectos e as áreas que conferem prejuízo para as condições ambientais das habitações, sinalizando a necessidade de intervenção para garantir o pleno exercício do direito de morar com dignidade.

## 2. OBJETIVO

O estudo teve como objetivo propor uma metodologia para diagnóstico das condições de salubridade e habitabilidade em áreas urbanas consolidadas, originadas de ocupações espontâneas, a partir de um conjunto de indicadores e parâmetros já existentes na literatura. O bairro São José, no município de Vitória - ES, foi escolhido para aplicação do método a fim de diagnosticar e localizar os principais problemas relativos à adequabilidade da moradia decorrentes desse modelo de ocupação no bairro.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho foi dividida nas seguintes etapas:

- a. Revisão Bibliográfica: acerca dos temas de crescimento urbano, surgimento de áreas sem planejamento prévio, conceitos de salubridade ambiental, habitabilidade e moradia digna;
- b. Proposição de parâmetros para diagnóstico: análise de Indicadores de Salubridade Ambiental propostos em estudos precedentes, selecionando os trabalhos de Almeida (1999), Dias (2003) e Pedrosa *et al.* (2016) para recorte dos parâmetros a serem explorados por esse estudo.
- c. Estudo do Bairro São José, Vitória, ES: levantamento do histórico da região, visitas exploratórias a campo, registro fotográfico e observações diretas no auxílio à contextualização da região.
- d. Diagnóstico do bairro: aplicação dos parâmetros de diagnóstico propostos nesse trabalho, através da coleta de dados em campo e auxílio do software SIG (Sistema de Informação Geográfica) para registro dos mesmos e identificação dos principais 'cenários-problema'.

### 3.1. Proposição de Parâmetros para Diagnóstico

Esta etapa consistiu na análise de Indicadores de Salubridade propostos em estudos precedentes, como Almeida (1999), Dias (2003) e Pedrosa *et al.* (2016), além da metodologia adotada pela Fundação João Pinheiro para o cálculo do déficit habitacional (FJP, 2018). Foram examinados os indicadores e subindicadores utilizados nos ISA, bem como os requisitos de habitabilidade e aspectos que contribuem para que uma moradia seja considerada digna. Além disto, foi avaliada a viabilidade de obtenção dos dados.

Vale ressaltar que os estudos mencionados utilizaram métodos de cálculo que fornecem um índice que expressa a condição da área de forma geral e não permitem a localização dos problemas. O método aqui proposto possibilita o mapeamento do bairro, assim, permite a

sinalização das áreas que concentram problemas relativos à salubridade e habitabilidade. A análise foi dividida em fatores externos às edificações e fatores inerentes à mesma, aqui tratados como extrínsecos e intrínsecos, respectivamente.

### 3.2. Fatores Extrínsecos

São aqueles externos à edificação e sua análise é composta por parâmetros agrupados em seis diferentes temas: abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, resíduos sólidos, drenagem urbana e vias de circulação. Na Tabela 1 estão apresentados os temas, parâmetros e circunstâncias verificadas referentes aos fatores extrínsecos, bem como as fontes de obtenção dos dados.

**Tabela 1.** Parâmetros para diagnóstico dos fatores extrínsecos

Tema	Parâmetros	Fonte de dados	Circunstância verificada	P
Abastecimento de Água	Origem e frequência do abastecimento	Concessionária ou levantamento de campo	Regular	0
			Irregular	3
			Sem abastecimento pela concessionária	5
Esgotamento Sanitário	Destinação	Concessionária ou levantamento de campo	Rede Coletora de Esgoto	0
			Outros	5
	Presença de cursos d'água malcheirosos	Levantamento de campo	Sim	5
			Não	5
Energia Elétrica	Origem	Concessionária ou levantamento de campo	Concessionária	0
			Não atendido pela concessionária	5
Drenagem Urbana	Inundação da via pública	Levantamento de campo	Via frequentemente inundável	5
			Sem inundação	0
Resíduos Sólidos	Recolhimento dos Resíduos sólidos	Levantamento de campo	Coleta Pública Regular	0
			Coleta Pública Irregular	3
			Sem coleta pública	5
	Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos	Levantamento de campo ou Associação de reciclagem	Regular	0
			Irregular	3
			Sem coleta seletiva	5
	Serviço de varrição	Levantamento de campo	Regular	0
			Irregular	3
			Sem serviço de varrição	5
Vias de circulação	Largura	Levantamento de campo	Boa ( $\geq 6m$ )	0
			Regular ( $\geq 4m < 6m$ )	2
			Estreita ( $\geq 1,2m < 4m$ )	4
			Comprometida ( $< 1,20m$ )	5
	Pavimentação	Prefeitura ou levantamento de campo	Pavimentada	0
			Sem pavimentação	5
	Iluminação	Prefeitura ou levantamento de campo	Via com iluminação	0
			Via sem iluminação	5

Obs.: A coluna de título 'P' se refere ao peso atribuído a cada circunstância no software para confecção dos mapas de densidade.

Na aplicação do estudo no bairro São José, o mapeamento dos fatores extrínsecos foi possível de ser realizado por observação direta no levantamento de campo, pois as circunstâncias a serem verificadas se localizam no meio público. No entanto, foi também possível verificar se as prestadoras do serviço público ou prefeitura possuíam tais dados, como a localização das redes de água e esgoto, linhas de energia, cujo os dados foram confrontados com o levantamento de campo.



### 3.3. Fatores Intrínsecos

São aqueles próprios da moradia e seus habitantes. É composto por parâmetros agrupados em quatro diferentes temas: fatores socioeconômicos, aspectos construtivos da edificação, instalações sanitárias, ventilação e iluminação natural. Na Tabela 2 estão apresentados os temas, parâmetros e circunstâncias verificadas referentes aos fatores intrínsecos, bem como as fontes de obtenção dos dados.

**Tabela 2.** Parâmetros para diagnóstico dos fatores intrínsecos

Tema	Parâmetros	Fonte de dados	Circunstância verificada	P
Fatores Socioeconômicos	Situação da propriedade	Levantamento de campo com visita à residência	Regular	0
			Em regularização	3
			Irregular	5
	Renda per capita	Levantamento de campo com visita à residência	Menor que 1 salário mínimo	5
			Maior que 1 e menor que 2 salários mínimos	3
			Maior que 2 salários mínimos	0
Aspectos construtivos da edificação	Conservação	Levantamento de campo	Bom	0
			Regular	3
			Precário	5
	Material de cobertura	Levantamento de campo	Material durável	0
			Ausente ou material não-durável	5
	Material das paredes externas	Levantamento de campo	Material durável	0
			Ausente ou material não-durável	5
	Revestimento das fachadas	Levantamento de campo	Revestidas	0
			Revestimento parcial	3
			Sem revestimento	5
	Revestimento das paredes (ambiente seco)	Levantamento de campo com visita à residência	Adequado	0
			Inadequado	5
	Revestimento das paredes (ambiente molhado)	Levantamento de campo com visita à residência	Adequado	0
			Inadequado	5
Revestimento do piso	Levantamento de campo com visita à residência	Adequado	0	
		Inadequado	5	
Instalações sanitárias	Acondicionamento da água no domicílio	Levantamento de campo com visita à residência	Adequado	0
			Inadequado	5
	Banheiro no domicílio	Levantamento de campo com visita à residência	Presente	0
			Ausente	5
	Ligação na rede coletora de esgoto	Concessionária ou levantamento de campo com visita à residência	Ligada	0
			Sem ligação	5
Ventilação e iluminação natural	Dimensão e número de aberturas	Levantamento de campo com visita à residência	Suficiente	0
			Insuficiente	5

Nota-se que alguns parâmetros são possíveis de serem verificados do meio público, enquanto outros tratam do interior da edificação e, portanto, necessitam de visita ao interior da residência para serem analisados. Logo, pode-se dizer que a análise do total de parâmetros fornece um diagnóstico detalhado, em contrapartida, a análise apenas daqueles passíveis de avaliação pelo seu exterior, apresenta um resultado generalizado.

### 3.4. Sistema de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são softwares onde é possível relacionar objetos geográficos, representados por pontos, linhas ou polígonos entre si e também com dados alfanuméricos que, por sua vez, podem conter informações diversas (SILVA et al, 2004). Ou seja, os SIG possibilitam a integração de dados espaciais e não espaciais em um único ambiente, o que amplia as perspectivas do método para a tomada de decisões. Sendo assim, configuram-se como uma potente ferramenta de diagnóstico (BATISTA e SILVA, 2006).

O diagnóstico proposto neste trabalho e a espacialização dos dados em ambiente SIG fornece um resultado de mais fácil interpretação, através de mapas que podem auxiliar os gestores no processo decisório, orientando as ações para melhoria da qualidade de vida das pessoas. O software utilizado foi o ArcGis® e os dados categorizados foram divididos da seguinte maneira: os fatores extrínsecos foram trabalhados por trechos de ruas e representados por linhas no programa, enquanto os fatores intrínsecos foram trabalhados por lote e representados por polígonos, que foram posteriormente convertidos a pontos para confecção dos mapas de densidade.

Em se tratando de mapas de densidade, vale ressaltar que o resultado depende do ‘peso’ ou ‘nota’ atribuído para cada circunstância verificada. Neste diagnóstico utilizou-se uma escala de 0-5, onde 5 se refere à pior condição e 0 representa as circunstâncias que não representam prejuízo para a salubridade e habitabilidade. Os pesos (P) referentes aos fatores extrínsecos e intrínsecos foram expressos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Após o levantamento dos dados em campo, as circunstâncias de cada parâmetro e seus respectivos pesos foram inseridos no software nas seções de atributos, onde também foi adicionado um campo com a média dos pesos obtidos para cada trecho de rua e para cada lote. Os mapas de densidade foram gerados a partir das ferramentas de “Densidade de Linha”, para os fatores extrínsecos, e “Kernel” para os fatores intrínsecos. Estas ferramentas possibilitam a produção de mapas com manchas de densidade gradiente, onde a linha (densidade de linha) ou o ponto (Kernel) são núcleos. A sobreposição dos resultados dos fatores extrínsecos e intrínsecos foi realizada com auxílio da ferramenta “Calculadora Raster”, onde foi executada a média simples dos dados. Assim, o produto da união dos dados é um mapa de machas que possibilita a identificação dos cenários-problema.

### 3.5. O Bairro São José

O estado do Espírito Santo possui 83,4% dos habitantes vivendo em cidades e sua capital, Vitória, possui taxa de urbanização de 100% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2010). O espaço físico da capital é, portanto, cada vez mais valorizado no mercado imobiliário, favorecendo a expulsão da parcela menos favorecida economicamente para as áreas periféricas.

Uma das zonas periféricas de Vitória está situada na baía noroeste, onde se localiza a área de estudo, o bairro São José. O bairro está incluso na Região Administrativa Sete, também chamada de Grande São Pedro. A Figura 1 mostra a localização da capital Vitória no Estado do Espírito Santo e na Região Metropolitana da Grande Vitória, bem como a localização do Bairro São Pedro na Região Administrativa Sete.

O bairro registrou no último censo demográfico um total de 4480 habitantes, um crescimento de 37% em relação ao registrado no levantamento anterior. A comunidade possui um total de 1260 domicílios e a média geral é de 3,55 moradores por domicílio. 100% das unidades são abastecidas pela rede geral de água, 97,7% tem esgoto coletado pela rede geral de esgoto ou pluvial e 93,3% tem lixo coletado pelo serviço de limpeza ou em caçamba. Quanto à situação do domicílio, o bairro é formado por 97,3% de casas, 2,62% de apartamentos e

0,08% de casa de cômodos, cortiço ou cabeça-de-porco. Sobre a condição de ocupação, têm-se que 67,22% dos domicílios são próprios. Os alugados correspondem a 23,1%, os cedidos são 9,44% (IBGE, 2010).

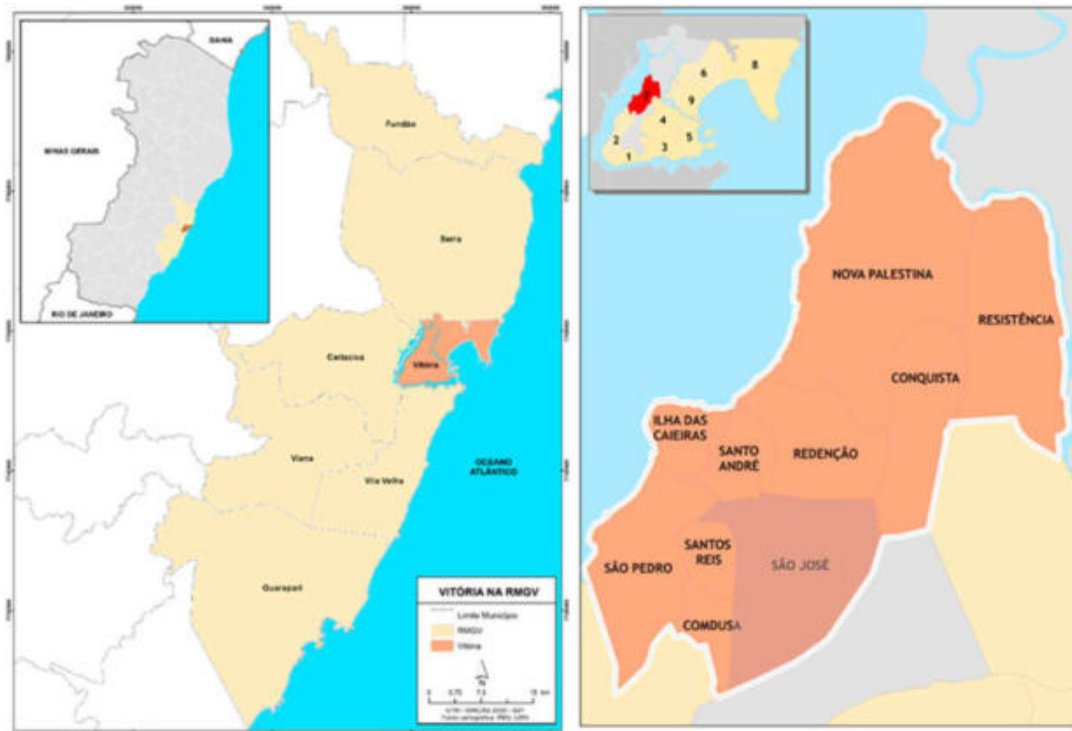


Figura 1. Localização do bairro São José, Vitória – ES. Fonte: Adaptado de Vitória, 2018

Quanto à renda, registrou-se que apenas 7,7% dos moradores tem renda nominal per capita superior a 2 salários mínimos, enquanto 68,6% recebem menos que 1 salário (IBGE, 2010). Tais dados confirmam a hipótese de que, apesar de urbanizado, o bairro concentra uma população carente.

No que diz respeito à situação de propriedade, por ter origem em um processo de ocupação por invasão da propriedade de terceiros, os moradores do bairro São José, de forma geral, não possuem título de propriedade dos terrenos. No entanto, está em curso no bairro uma ação de regularização fundiária promovida pela prefeitura do município de Vitória.

## 4. DIAGNÓSTICO

O diagnóstico do bairro São José abrange os fatores extrínsecos e os fatores intrínsecos gerais, ou seja, aqueles que podem ser observados do espaço público. Devido às limitações desta pesquisa, os fatores intrínsecos detalhados que necessitam de visita ao interior das edificações não foram analisados no bairro São José, com exceção apenas do parâmetro 'ligação na rede coletora de esgoto'. Este parâmetro foi incluído devido à disponibilidade dos dados pela concessionária do serviço público. Nos tópicos seguintes serão apresentados e discutidos os resultados dos parâmetros analisados.

### 4.4. Fatores Extrínsecos

O diagnóstico dos fatores extrínsecos inclui os temas abastecimento de água, esgotamento sanitário, energia elétrica, resíduos sólidos, drenagem urbana e vias de circulação. O mapeamento do bairro possibilitou a confirmação de que 100% das vias do bairro são atendidas pela rede geral de abastecimento de água, pela rede coletora de esgoto sanitário e também pela rede de energia elétrica. Constatou-se também que o fornecimento de água e energia elétrica é regular em toda a região de análise. Tais parâmetros, portanto, não contribuem para o comparativo na análise das áreas com maiores ou menores problemas de

salubridade e habitabilidade. Logo, no bairro São José, os temas com contribuição mais relevante para a identificação das áreas críticas foram: drenagem urbana, resíduos sólidos e vias de circulação.

A Figura 2 traz a média de todos os parâmetros analisados relativos aos fatores extrínsecos no bairro São José. Nota-se que existem pontos que concentram uma quantidade maior de aspectos negativos que outros. A mancha que reúne um maior número de condições que contribuem para a insalubridade e inabitabilidade está situada sobre a área onde se localiza o Beco Nota Dez.

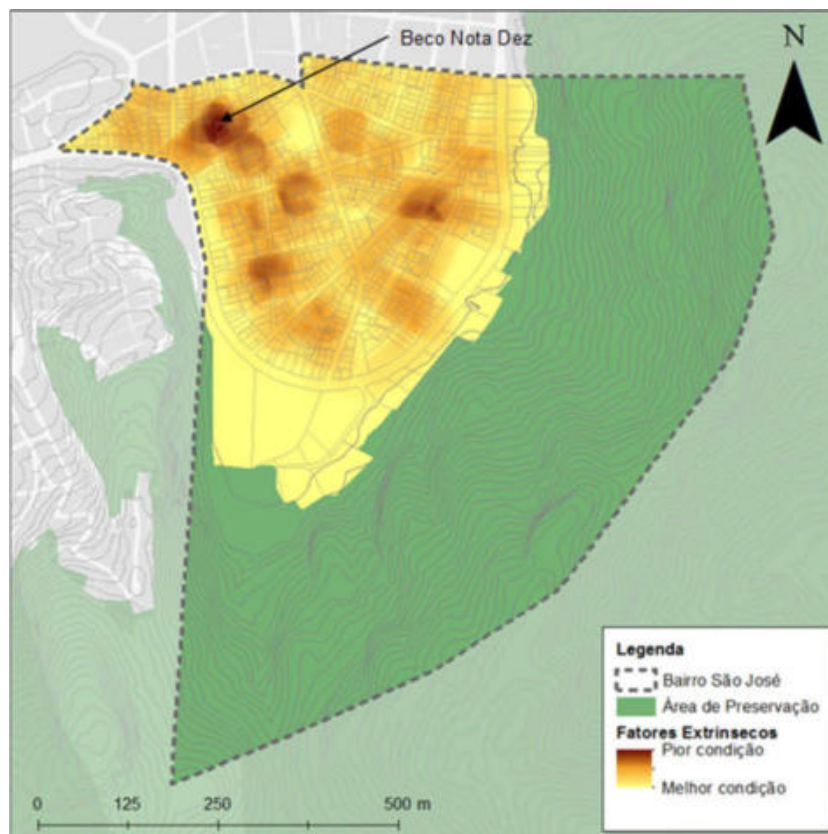


Figura 2. Diagnóstico dos Fatores Extrínsecos no bairro São José

#### 4.2. Fatores Intrínsecos

O diagnóstico dos fatores intrínsecos realizado no bairro São José inclui os parâmetros referentes à conservação das condições construtivas da habitação, material das paredes externas e cobertura e revestimento de fachada, além do parâmetro de ligação na rede coletora de esgoto, incluso no tema instalações sanitárias.

A Figura 3 ilustra a média dos parâmetros analisados relativos aos fatores intrínsecos no bairro São José. É notável que os parâmetros analisados com maior impacto no diagnóstico dos elementos próprios da edificação foram a conservação, o revestimento de fachada e ligação na rede coletora de esgoto. É evidente, também, a aglomeração de aspectos que impactam negativamente nas condições de salubridade e habitabilidade em algumas áreas, em especial no interior da quadra que possui os becos Nota Dez e Nossa Senhora das Graças, onde foi gerada uma mancha mais intensa.



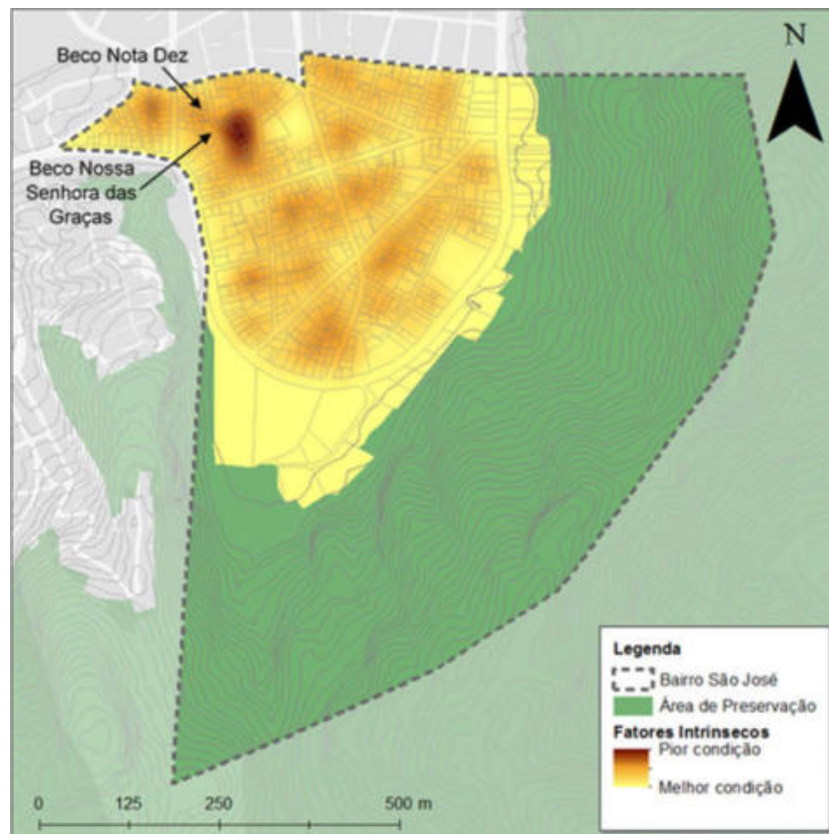


Figura 3. Diagnóstico dos Fatores Intrínsecos no bairro São José

#### 4.3. Cenários-problema

A sobreposição do resultado do diagnóstico dos fatores extrínsecos e intrínsecos, apresentado na Figura 4, permitiu correlacioná-los e confirmou que a afirmação anteriormente exposta neste trabalho de que os fatores externos e internos à edificação se influenciam mutuamente e se aplica ao bairro São José.

É notável a presença de uma mancha mais escura sobre a área que corresponde ao beco Nota Dez (Figuras 5 e 6), o que sinaliza que ali há uma reunião de condições que comprometem a salubridade e a habitabilidade e compõe o principal cenário-problema do bairro. Entre as condições relativas aos fatores extrínsecos e que são componentes do cenário podemos citar: a pouca largura das vias, alagamentos nas vias e serviço público de varrição e coleta de resíduos sólidos ineficiente. Quanto aos fatores intrínsecos, há uma aglutinação das seguintes características: edificações em estado de conservação precário, sem revestimento de fachada e não-ligadas na rede coletora de esgoto.



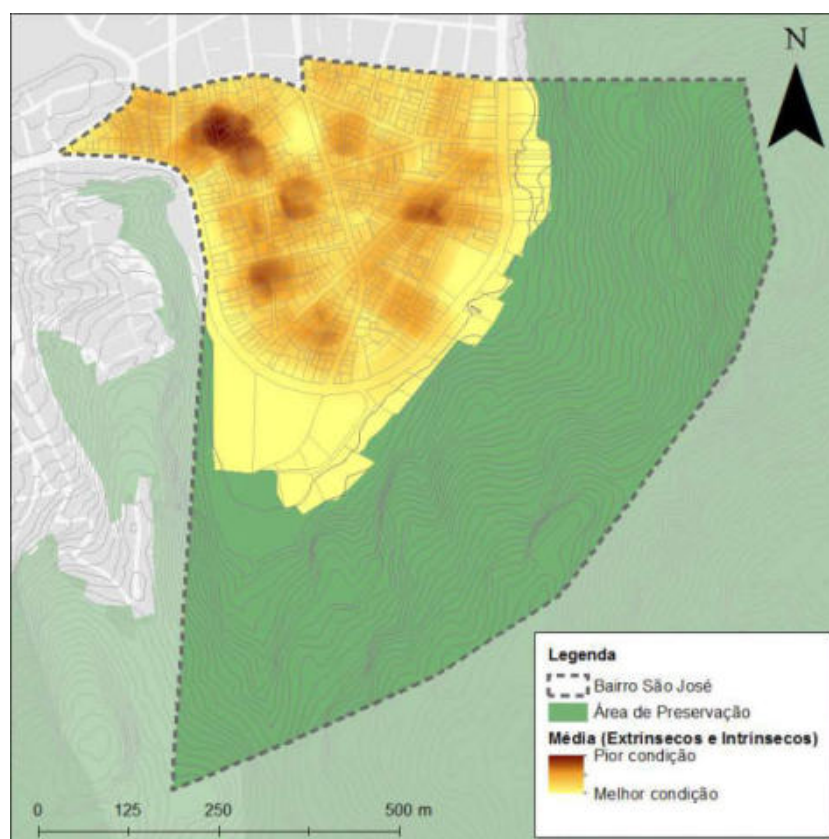


Figura 4. Diagnóstico Geral do bairro São José



Figura 5. Beco Nota Dez



Figura 6. Subdivisão do Beco Nota Dez

A metodologia de diagnóstico e os parâmetros de análise propostos neste trabalho se mostrou aplicável e capaz de identificar e apontar as áreas com maiores problemas de salubridade e habitabilidade em um bairro consolidado originado de ocupação espontânea. Logo, pode-se afirmar que é uma ferramenta útil para evidenciar os cenários-problema, direcionar as intervenções necessárias e fornecer subsídios para a tomada de decisão pelo Poder Público e de programas que tenham como objetivo a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do método de avaliação da salubridade e habitabilidade em São José, Vitória, ES se mostrou eficiente ao sinalizar os principais problemas no bairro, localizando zonas

críticas e os aspectos de maior carência no local. Assim, se mostrou uma interessante ferramenta que pode auxiliar o processo de tomada de decisão por gestores públicos e lideranças comunitárias. Constatou-se que, dos parâmetros analisados, os que apresentam maior impacto negativo no bairro São José foram: largura das vias, vias inundáveis, serviço de coleta de resíduos sólidos e varrição, conservação das edificações, revestimento de fachada e ligação na rede coletora de esgoto. Notou-se também que os problemas, de maneira geral, se concentram no interior das quadras, principalmente nos becos e ruelas originadas da falta de planejamento urbano prévio.

O bairro São José, apesar de uma urbanização consolidada, preserva fortes características do modo de ocupação que o originou e que afetam a qualidade de vida dos moradores e não contribuem para o pleno exercício do direito de moradia digna. Este trabalho fornece subsídio para elaboração de um plano de intervenção com o objetivo de promover espaços salubres e habitáveis para os moradores da região. Além disto, reforça a importância da Assistência Técnica em Arquitetura em áreas originadas de ocupações espontâneas a fim de dar auxílio no processo de regularização fundiária e orientar construções e reformas, garantindo o atendimento às normas vigentes e promoção de espaços saudáveis e capazes de impactar positivamente na qualidade de vida dos habitantes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. A. P. (1999). *Indicadores de salubridade ambiental em favelas urbanizadas: o caso de favelas em área de proteção ambiental. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia e Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.*
- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2013). *NBR 15.575: Edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro.*
- Batista, M. E. M.; SILVA, T. C. (2006). *O modelo ISA/JP – indicador de performance para diagnóstico do saneamento ambiental urbano. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p.55-64.*
- Bonduki, N. (2001). *Uma metodologia para avaliar programas de habitação. In: Barreira, M. C. R. N.; Carvalho, M. C. B. (orgs.). Tendências e perspectivas na avaliação de políticas e programas sociais. São Paulo: IEE/PUC-SP.*
- Dias, M. C. (2003). *Índice de salubridade ambiental em áreas de ocupação espontânea: estudo em Salvador, Bahia. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador.*
- Fundação João Pinheiro – FJP (2018). *Déficit habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte: FJP.*
- Fundação Nacional de Saúde – Funasa (2004). *Manual de saneamento. Brasília: Funasa.*
- Geraldo, T. Z. (2013). *Jardim Jaqueline: a disputa pela paisagem entre a cidade formal e a ocupação espontânea. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Paisagem e Ambiente) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, São Paulo.*
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010). *Censo demográfico 2010: séries históricas. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=series-historicas>*
- Maricato, E. (2000). *Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. São Paulo Perspect., São Paulo, v. 14, n. 4, p. 21-33.*
- Maricato, E. (2003). *Metrópole, legislação e desigualdade. Estudos avançados, São Paulo, v. 17, n. 48, p. 151-166.*
- Pedrosa, R. N.; Miranda, L. I. B.; Ribeiro, M. M. R. (2016). *Avaliação pós-ocupação sob o aspecto do saneamento ambiental em área de interesse social urbanizada no município de Campina Grande, Paraíba. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 535-546.*

- Ribeiro, M. A. P. (2007). *Estudo comparativo entre uma ocupação espontânea urbanizada e outra não urbanizada na cidade de Fortaleza com base no modelo ISA/F (indicador de salubridade ambiental em favelas)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Silva, A. N. R.; Ramos, R. A. R.; Souza, L. C. L.; Rodrigues, D. S.; Mendes, J. F. G. (2004). *SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes*. São Carlos, SP: Ed. dos Autores.
- United Nations (1991). *Committee on economical, social and cultural rights. General comment n° 04: The right to adequate housing*. Geneva. Disponível em:  
[http://tbinternet.ohchr.org/\\_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=E%2fC.12%2f1991%2f4&Lang=en](http://tbinternet.ohchr.org/_layouts/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolno=E%2fC.12%2f1991%2f4&Lang=en)
- Vitória, município (2018). *História dos bairros: São José. Vitória em dados*. Disponível em:  
[http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/dados\\_regiao/regiao\\_7/regiao7.asp](http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/dados_regiao/regiao_7/regiao7.asp)

# ESTRATEGIAS PARA LA EFICIENCIA TERMO- ENERGÉTICA EN UN CENTRO PRIMARIO DE SALUD EN TAFÍ DEL VALLE, TUCUMÁN

*Amalita Fernández (amalitaf93@gmail.com); Beatriz Garzón (bsgarzon@hotmail.com)*

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) - Arg.

Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de de Arquitectura y Urbanismo (UNT-FAU) - Arg.

**Palabras clave:** Adecuación bioclimática. Re- diseño. Etiquetado energético.

*El presente trabajo tiene como objeto estudiar el rediseño arquitectónico para la adecuación térmico- energética de un centro de atención primaria de salud en Tafí del Valle, Tucumán, Argentina; con el propósito de contribuir a mejorar las condiciones de confort de los usuarios, a través del empleo racional de la energía convencional.*

*Se utilizó una combinación metodológica, a través de los métodos: estudio de caso, descriptivo, analítico, deductivo y correlacional. El trabajo plantea el análisis y mejoramiento térmico-energético de un prototipo de CAPS (Centro de Atención Primaria de Salud) en la localidad de Tafí del Valle, Tucumán, Argentina y su verificación según normas, con el objeto de alcanzar su adecuación bioclimática mediante disposiciones y soluciones arquitectónicas para contribuir a mejorar las condiciones de confort y salubridad de sus usuarios y alcanzar el uso racional de la energía. Las etapas realizadas son: 1) Identificación y caracterización del área de trabajo; 2) Determinación de estrategias y pautas bioambientales; 3) Análisis del prototipo: características tecnológicas y termofísicas de la envolvente y disposición arquitectónica; 4) Propuesta de rediseño para su ajuste bioclimático; 5) Etiquetado de eficiencia energética.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Si se parte de la premisa que la arquitectura es un trabajo social, se debe enfatizar la tendencia bioclimática, pues sus espacios van dirigidos:

- Al mejoramiento de la calidad de vida de las personas desde el punto de vista del confort higrotérmico.
- A la integración del objeto arquitectónico a su contexto.
- Al incidir en la reducción de demanda de energía convencional y al aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas, como resultado del concepto ecológico que enmarca esta tendencia (Garzón, 2007).

La energía utilizada en edificios representa una importante proporción del total a nivel regional, nacional y local. Se estima que entre 35 y 40 % de todos los recursos energéticos primarios utilizados en Argentina se destinan al acondicionamiento del hábitat construido. La aplicación de estrategias bioclimáticas puede contribuir muy positiva y eficazmente a la creciente crisis energética y ambiental. Con mejor diseño, los edificios pueden lograr mejores condiciones de confort con menor demanda de energía y reducidas emisiones de gases de efecto invernadero (Evans, 2005).

Los edificios destinados a establecimientos de salud están entre los que requieren mayor uso de energía para funcionar (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2012). En la

Argentina las “Normas de Organización y Funcionamiento” del Programa Nacional de Garantía de Calidad de la Atención Médica (2004), demandan altos grados de climatización, esterilización y control; esta necesidad de mantener altos estándares ambientales,

contribuye a la alta demanda energética. Implementar medidas de eficiencia energética generaría importantísimos ahorros que permitirían reorientar recursos a la atención clínica.

En la provincia de Tucumán hay 324 establecimientos para la salud provinciales administrados por el Sistema Provincial de Salud (Si.Pro.Sa.), de los cuales 298 son centros sanitarios de atención primaria de salud. Se encuentran distribuidos geográficamente en función del número de habitantes, estos son: policlínicas, CAPS y postas sanitarias (términos empleados por los funcionarios, pero no asentados en ninguna ley). El área de Recursos Físicos del Si.Pro.Sa. es la encargada de remodelación, mantenimiento y construcción de obra nueva. Se rigen por los decretos expuestos en las “Normas de Organización y funcionamiento” del Programa Nacional de Garantía de Calidad de la Atención Médica; los cuales contemplan exigencias mínimas de equipamientos y superficies, como así también tipo de tratamiento de las superficies y tipo de materiales (por cuestiones de higiene), tipo de instalaciones y lo único que se menciona referido al confort es la temperatura que deben alcanzar los equipos de aire acondicionado para locales específicos (neonatología, quirófanos, unidad de terapia intensiva, etc.).

El futuro nos presenta la necesidad de enfrentar la transformación de los establecimientos para la salud, adecuándolos a los cambios en la cultura y a nuevos paradigmas en la arquitectura, los cuales no son solamente científicos, sino también humanos. A través del diseño se puede mejorar la calidad de vida e incluso la dignidad al momento de la enfermedad, es responsabilidad ética de los arquitectos contribuir con la construcción de un hábitat seguro, que dignifique al ser humano, especialmente cuando se encuentra en un centro asistencial, sea paciente, familiar o personal médico y de servicio (Cerdés de Bello, 2011).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Estudiar el rediseño arquitectónico para la adecuación térmico- energética de una centro de atención primario de salud en Tafí del Valle, Tucumán, Argentina.

### **2.2. Objetivos secundarios**

- Analizar la disposición y la envolvente arquitectónica de un prototipo de Centro de Atención Primario de Salud (C.A.P.S.), en Tafí del Valle, Tucumán, Argentina.
- Proponer una alternativa de rediseño arquitectónico- bioclimático del prototipo.
- Evaluar térmica y energéticamente los prototipos, realizando etiquetado de eficiencia energética, y comparando con los valores normados.

## **3. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada en el siguiente trabajo tiene en cuenta las siguientes etapas. Primero, se definen las condicionantes geográficas y climáticas de la localidad en estudio. Luego se determinan las estrategias generales y seleccionan las pautas particulares, para la zona bioambiental donde se ubica la localidad del centro de salud en análisis, según Norma IRAM 11603:1996 “Clasificación Bioambiental de la República Argentina”. Se realiza un análisis arquitectónico y tecnológico del prototipo estatal en su estado actual y desde su condición, se proyecta una propuesta de rediseño para su ajuste bioclimático. Luego se calculan los valores de transmitancia térmica para muros y techos en la condición verano del prototipo original y se lo compara con la Norma IRAM 11605:1996 de “Valores máximos de transmitancia térmica”; así se propone ajustes para los cerramientos de techos y muros en la composición y disposición de los materiales hasta lograr disminuir el valor de “K” para su mejora o verificar con el mínimo admisible. Por último se completa la evaluación térmico-energética con el etiquetado de ambas situaciones con el procedimiento indicado en la



Norma IRAM 11900:2010 de “Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios”(Giuliano,G. Garzón, B. 2016).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Identificación y caracterización del área de trabajo

El C.A.P.S. Costa I se encuentra ubicado en el área céntrica de la Ciudad de Tafí del Valle, departamento Tafí del Valle, al oeste de la Provincia de Tucumán. La distancia que media entre Tafí del Valle y la ciudad de San Miguel de Tucumán es de 106 Km., con 35 Km. De camino de montaña y un tiempo de viaje de aproximadamente 2 hs. La ruta que une ambas localidades es la ruta Prov. No 307, que se une con la Ruta Nac. No 38.

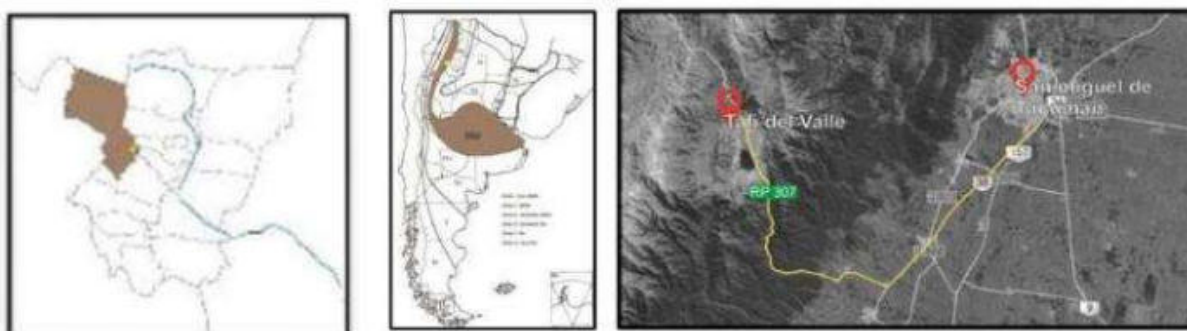


Figura 1: Ubicación, zona bioclimática y accesibilidad.

La localidad se encuentra en la zona bioambiental III templado cálido, subzona a amplitud térmica superior a 14°C (Norma IRAM 11.603-2012).

Tabla 1. Datos geográficos.

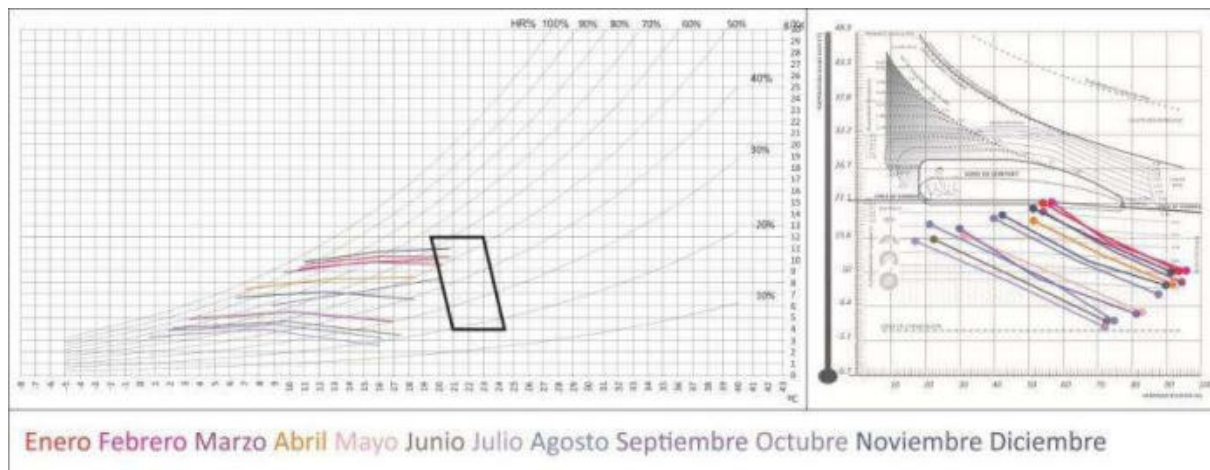
ZONA BIOAMBIENTAL	ÁREA GEOGRÁFICA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Zona IIIa: templado cálido- amplitud térmica >14°C	Ciudad Tafí del Valle- Depto. De Tafí del Valle.	26°51'21"S	65°40'22"O	2130m.s.n.m

Tabla 2. Datos climáticos.

VERANO (Diciembre, Enero y Febrero)			INVIERNO (Junio, Julio y Agosto)		
T. Mín. Med. HR mín	T. Med. HR med	T. Máx. Med. HR min	T. Mín. Med. HR mín	T. Med. HR med	T. Máx. Med. HR min
10.69°C 93%	15.50°C 74%	20.3°C 54%	1.3°C 73.94%	8.81°C 47.38%	16.31°C 20.85%

### 4.2. Determinación de estrategias y pautas bioambientales

Para determinar las Estrategias Bioambientales, se utilizó el diagrama “Psicrométrico” y de “Olgay” (figura 2). A partir de los datos climáticos medios máximos, medios mínimos y medios para invierno y verano en la localidad en análisis: valores de temperatura y humedad relativa, de valores medios máximos, medios mínimos y medios medios, se trazaron segmentos sobre dichos diagramas. De las metodologías empleadas, se obtuvieron y consideraron aquellas con mayores porcentajes en relación a su alejamiento de la zona de confort.



**Figura 2.** Diagramas Psicométrico y de Olgay.

Del *diagrama Psicométrico* se obtuvo que la zona de confort corresponde solo al 1.48% anual y del de Olgay a un 0.75%, lo que demuestra una amplia zona de desconfort durante la mayor parte del año, siendo necesario adoptar estrategias generales y pautas particulares de diseño, que permitan brindar el máximo de confort interno con mínimo costo de energías convencionales.

Se determinó que la principal estrategia a tener en cuenta es la de calefacción solar pasiva, con un 98,52% en el diagrama psicométrico y un 99.25% en el diagrama de Olgay; el diseño del edificio debe favorecer a la captación, acumulación y distribución del calor. A partir de la estrategia determinada, se consideran las siguientes pautas bioambientales: “ganancia directa por ventanas” y de “protección de aberturas” para controlar las pérdidas de calor durante la noche.

### 4.3. Análisis del prototipo

#### 4.3.1. Disposición arquitectónica

El edificio se implanta en el terreno, con una inclinación de 45° con respecto al norte. Se encuentra adosado a la medianera noroeste, siendo las caras noreste, sudeste y sudoeste. Presenta una distribución de los locales en torno a un eje quebrado, la estructura es compacta, presenta pocas aberturas en los locales principales y de reducidas dimensiones.

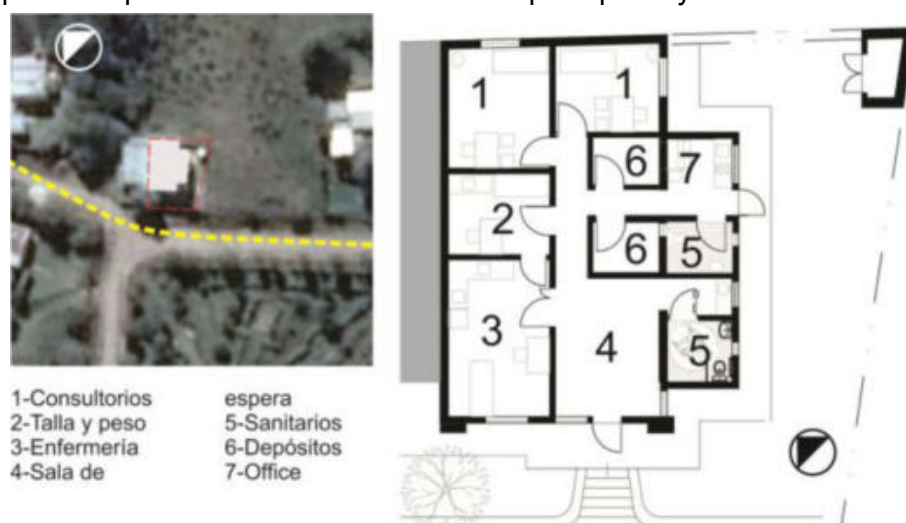


Figura 3. Vista de techos y planta.

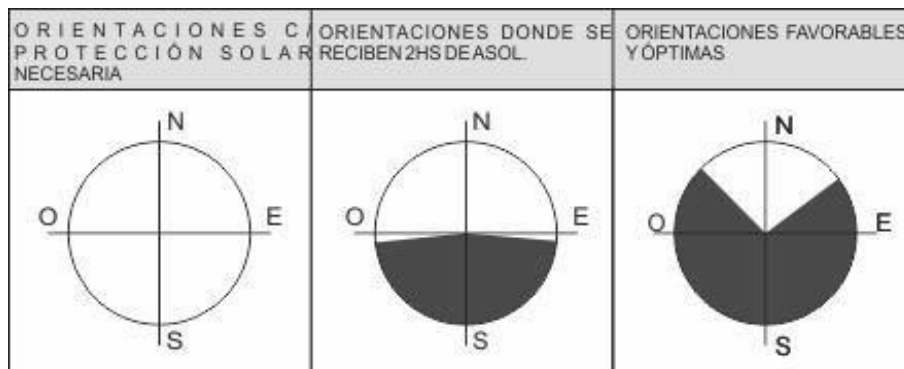


Figura 4. Orientaciones para zona bioambiental III según IRAM 11603.

En cuanto a las orientaciones, solo hay un local con orientación y abertura hacia dicha orientación “favorable”, NE, según IRAM 11.603; mientras que la mayoría de los locales se orienta hacia zonas menos favorables.

Ya que la estrategia a tener en cuenta es “calefacción solar pasiva”, se analiza al edificio en invierno, en el mes de junio, ya que es el período del año donde hay menos horas de sol y las temperaturas las más bajas, por lo cual resulta indispensable el asoleamiento. El norte, se encuentra negado en un 50% debido a la decisión de adosar el edificio hacia la medianera NO, por lo que solo cuenta con dos locales que permiten el ingreso de radiación solar en dicho período.

#### 4.3.2. Características tecnológicas y termo-físicas de la envolvente

El CAPS fue construido mediante un sistema tradicional de sistema estructural puntual de columnas y vigas de hormigón armado y cerramientos verticales exteriores de ladrillo cerámico hueco de 0,18m de espesor revocado en ambas caras. Las ventanas son de aluminio blanco y vidrio común, las puertas son también de aluminio blanco. La cubierta consta de una estructura metálica con chapa galvanizada trapezoidal color calibre No 24, con aislamiento térmica tipo Isolant con aluminio de 5 mm bajo la chapa, una cámara de aire ventilada y un cielorraso suspendido de placas de yeso con dos pulgadas de lana de vidrio con papel kraft.

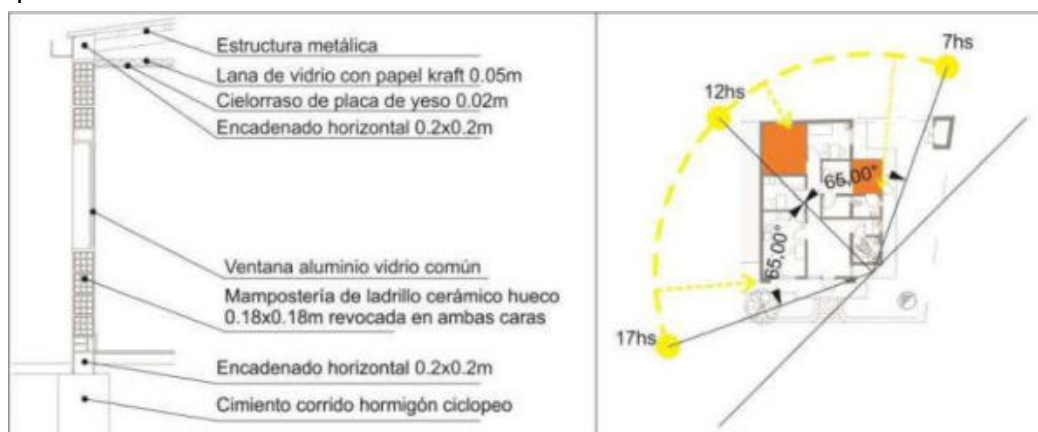


Figura 5. Detalle envolvente y asoleamiento en invierno del prototipo existente.

Se calculó el coeficiente de transmitancia térmica  $K(W/m^2\text{°C})$  para ambos elementos y se obtuvo que para el muro  $K=1.37 W/m^2\text{°C}$  y en el caso de la cubierta  $K=0.58 W/m^2\text{°C}$ . Se compararon los cálculos realizados con los valores  $K$  máximos admisibles determinados por las normas IRAM, para los tres niveles de confort higrotérmico:

- **Nivel A:** Ecológico.
- **Nivel B:** Recomendado.
- **Nivel C:** Mínimo.

La comparación se realizó para invierno, ya que en la región donde se encuentra emplazado el edificio, es la estación más crítica.

Tabla 3. Valores máximos de transmitancia térmica para invierno

Verificación K de normas Muros						Invierno
Nivel a:	0.33	Nivel B:	0.91	Nivel C:	1.59	
No Cumple		No Cumple		No Cumple		
Verificación K de normas Cubierta						
Nivel A:	0.29	Nivel B:	0.74	Nivel C:	1	
No Cumple		Cumple		Cumple		

A partir de esto se determinó, que los muros, no cumplen con ninguno de los tres niveles, mientras que en la cubierta se verifica el nivel B.

#### 4.3.3. Etiquetado de Eficiencia Energética -Norma IRAM 11.900 del prototipo

Mediante el programa de cálculo “EtiquEArq”, se pudo obtener el etiquetado del nivel de eficiencia energética de calefacción; según la transmitancia térmica de los elementos componentes de las respectivas envolventes, en relación a parámetros específicos en norma IRAM 11.900 (Giuliano, G. Garzón, B. 2016). En cerramientos verticales, se tuvieron en cuenta coeficientes Kmp (K medio ponderado), teniendo en cuenta las carpinterías. La norma establece como temperatura interior de diseño 20°C. Especifica ocho clases de eficiencia energética, de acuerdo a la variación media ponderada de la temperatura ( $\zeta_m$ ), entre la superficie interior de la envolvente y la temperatura interior de diseño en grados Celsius. El prototipo estatal resultó, clasificarse en clase “D”.

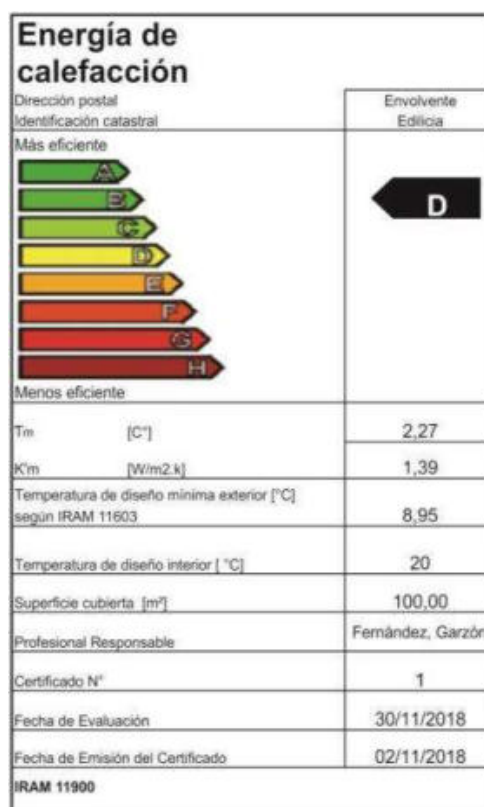


Figura 6. Etiqueta de Eficiencia Energética del prototipo existente.

#### 4.4. Propuesta de re- diseño

##### 4.4.1. Disposición arquitectónica

Debido a las dimensiones y orientaciones del terreno, resulta inviable orientar el prototipo en sentido Norte- Sur, por lo que se propone un edificio dispuesto con las mismas orientaciones del terreno, pero adosado a la medianera sudeste, y despegándolo de la noroeste.

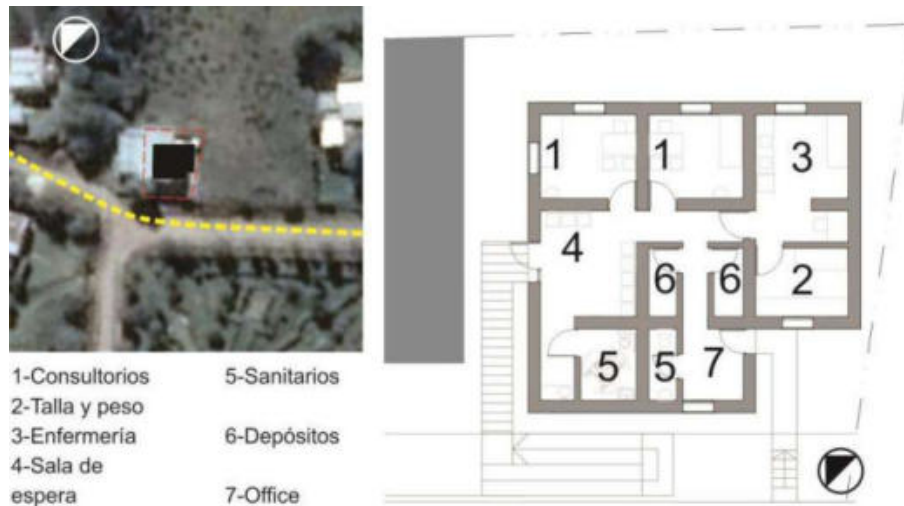


Figura 7. Planta propuesta de rediseño

En cuanto a las orientaciones, hay tres locales principales con orientación y abertura hacia la orientación “favorable”, noreste, según IRAM 11.603(fig. 4); quedando la sala de espera, local también principal, orientada hacia el noroeste, que resulta favorable en menor medida y los locales de servicio hacia el sur.

##### 4.4.2. Características tecnológicas y termo-físicas de la envolvente

Se plantea realizar los muros de adobe, ya que es un material que, además de sus presentar una baja conductividad, se produce en la zona; estos tendrán un espesor de 0.40m, revocado en ambas caras con un grueso de suelo cal y un fino a la cal: en el exterior para proteger de la intemperie y en el interior por cuestiones sanitarias, para poder aplicar una pintura lavable. Se propone mejorar las prestaciones de las carpinterías, reemplazando el aluminio por madera, el vidrio común por DVH y a las ventanas, se les agrega celosías de madera para disminuir pérdidas de calor durante la noche. A la cubierta existente, se le suman tres pulgadas más de lana de vidrio, resultando un total de cinco pulgadas, al cielorraso se lo mantiene de placas de yeso, por cuestiones sanitarias.

Por tratarse de una zona sísmica, el diseño de adobe se la realiza en función de la Norma Peruana E.080 para el diseño y construcción con tierra reforzada. Todos los muros presentan arriostres verticales, el espesor mínimo admisible ( $e=0.40m$ ), medida reducida de aberturas que, además brinda mayor eficiencia termo- energética, viga collar, esbeltez máxima admisible, en este caso la altura en igual a ocho veces el espesor (2,80m), modulación y ortogonalidad.



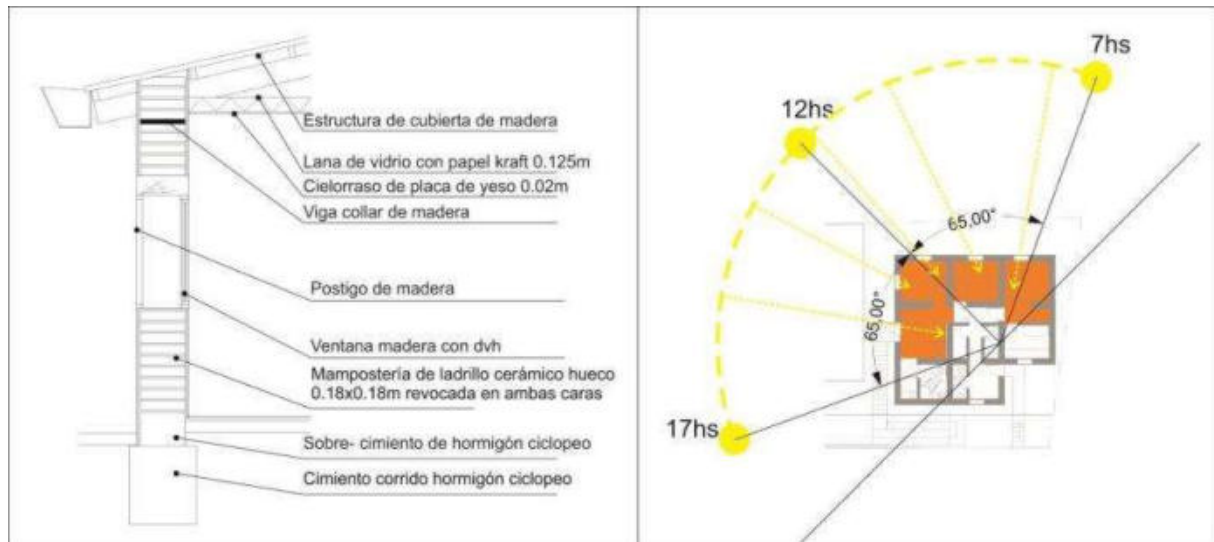


Figura 8. Detalle de la envolvente y asoleamiento en verano del prototipo rediseñado.

Se calculó el coeficiente de transmitancia térmica  $K(W/m^2\text{°C})$  para ambos elementos y se obtuvo que para el muro  $K=0.73 W/m^2\text{°C}$  y en el caso de la cubierta  $K=0.28 W/m^2\text{°C}$ . Se compararon los cálculos realizados con los valores  $K$  máximos admisibles determinados por las normas IRAM. A partir de esto se mejora notoriamente el comportamiento de la envolvente.

**Tabla 4.** Valores máximos de transmitancia térmica para invierno

Verificación K de normas Muros						Invierno
Nivel a:	0.33	Nivel B:	0.91	Nivel C:	1.59	
No Cumple		Cumple		Cumple		
Verificación K de normas Cubierta						
Nivel A:	0.29	Nivel B:	0.74	Nivel C:	1	
Cumple		Cumple		Cumple		

#### 4.4.3. Etiquetado de Eficiencia Energética -Norma IRAM 11.900

Finalmente, se procedió a realizar el etiquetado a partir del programa "EtiquEArq", de la misma manera en la que se ejecutó en el prototipo existente. Al realizar el nuevo cálculo, luego de las mejoras introducidas, el rediseño realizado, subió dos niveles en cuanto a eficiencia energética de la envolvente, del nivel D al B.



Figura 8. Etiqueta de Eficiencia Energética para prototipo de re diseño.

## 5. CONCLUSIONES

Considerando las condiciones descriptas del prototipo estatal, se evidenció la necesidad de proponer alternativas de nuevas soluciones, que permitan mejorar el confort térmico de las personas que se encontraran en el edificio: pacientes y profesionales de la salud pertenecientes a la comunidad de la localidad en estudio. Al definir las estrategias bioclimáticas consideradas para la zona bioambiental en análisis “Illa- Templado-Cálido”, se pudo seleccionar las pautas de diseño, para que el prototipo responda a las necesidades térmico-energéticas. Las estrategias de diseño a nivel emplazamiento en el terreno que se tuvieron en cuenta para la reformulación del prototipo, fueron la disposición hacia el norte de los locales principales, para lo que se giró el prototipo existente y se cambió la disposición de algunos locales, logrando así un mejor asoleamiento; sin llegar a ser el óptimo, ya que por las reducidas dimensiones del lote, resultó imposible alinear el edificio con los puntos cardinales. Se propuso mantener el plan de necesidades arquitectónico, rediseñar su forma, reubicar funciones y disposiciones tecnológicas en general, de manera de posibilitar el uso racional de la energía.

A nivel de su resolución tecnológica, el muro original no verificaba el nivel mínimo “C mínimo” de cálculo de transmisión térmica “K” (W/m<sup>2</sup>.K) establecido por la Norma IRAM 11.6051996; con la mejora de la elección y disposición de los elementos constructivos en la envolvente rediseñada, se produjo la disminución del valor de cálculo de “K”; que permitió verificar el nivel “B medio” para el muro y “A- recomendado” para el techo; como indican los valores de referencia de norma IRAM 11.605. Con respecto al etiquetado de eficiencia energética en el caso del prototipo rediseñado se levantó al nivel “B”, mejorando dos posiciones desde el nivel “D” medido en el prototipo original; según valores establecidos por norma IRAM 11.900. Los nuevos cerramientos que se estudiaron hasta nivel de detalles constructivos, fueron conformados con el fin de disminuir las pérdidas de calor e incrementar ganancias en la época crítica permitiendo así colaborar en el ahorro energético.

Este trabajo permitió idear un conjunto de pautas que podrán aplicarse en diseños de centros de Atención Primarios de Salud nuevos y en remodelaciones de existentes que lograrán profundizar en mejoras para futuras reformas de edificios para la salud en general y en particular del C.A.P.S. Costa I. De esta manera, los resultados obtenidos contribuye al propósito de optimizar las condiciones de confort y eficiencia termo- energética en edificios destinados a la salud.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AChEE. (2012). *Guía de Eficiencia Energética para Establecimientos de Salud*. Santiago de Chile, Chile: AChEE.
- Cedrés de Bello, S. (2011). *Tendencias en la arquitectura hospitalaria. Memorias de la Trienal de Investigación FAU 2011*.(pp. 28-37) Caracas, Venezuela ISBN: 978-980-00- 2654-0
- Evans, JM. (2005) *energía en el hábitat construido: panorama en Argentina. Los Edificios Bioclimáticos en los Países de Ibero América Libro de Ponencias* (pp. 97-104). Lisboa, Portugal: CYTED. ISBN No 972-676-200-6.
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura bioclimática. Buenos Aires, Argentina. Nobuko*.ISBN 978- 987-584-096-6.
- Garzón, B.; Giuliano G. (2015). *EtiquEArq: Programa de Cálculo del Etiquetado de Edificios. Determinación del Nivel de Eficiencia Energética de Calefacción según normas IRAM 11.900*.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM) 11603. *Clasificación Bioambiental de la República Argentina*, 1996.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM) 11601. *Aislamiento térmico de edificios, métodos de cálculo*, 2002.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM) 11605. *Acondicionamiento térmico de edificios, condiciones de habitabilidad en edificios*, 1996.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM) 11604. *Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción*, 2001.
- Instituto Argentino de Normalización (IRAM) 11659. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios*. Instituto Argentino de Normalización, 2001.
- *Normativas del programa nacional de garantía de calidad aprobadas- Normas de Organización y Funcionamiento*. Ministerio de Salud de la Nación, Buenos Aires. 30 de enero 2004.

# QUALIDADE DO AR E VENTILAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE HOSPITALAR - O EXEMPLO DO EDIFÍCIO SARAH KUBITSCHKEK NO RIO DE JANEIRO

Mirna Elias Gobbi ([mirna.gobbi@gmail.com](mailto:mirna.gobbi@gmail.com)); Mauro Santos ([maurosantos@fau.ufrj.br](mailto:maurosantos@fau.ufrj.br));  
Sylvia Meimaridou Rola ([sylviarola@fau.ufrj.br](mailto:sylviarola@fau.ufrj.br))

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura (UFRJ-FAU) - Brazil

**Palavras chave:** ventilação natural, qualidade do ar, hospital.

*A gestão da qualidade do ar tem como objetivo garantir que o desenvolvimento socioeconômico ocorra de forma sustentável e ambientalmente seguro. Para tanto, faz-se necessário ações de prevenção, combate e redução das emissões de poluentes e dos efeitos da degradação do ambiente atmosférico. O ambiente interno das edificações, lugares onde as pessoas passam a maior parte do tempo diário, deve ser livre de compostos nocivos e intoxicantes. O melhoramento na qualidade do ar interno pode ser alcançado não somente com um bom projeto arquitetônico, como também com uma boa seleção de materiais e métodos construtivos. As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas também podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações.*

*A escolha do correto sistema de ventilação de ar deve ser cuidadosa, pois este é o maior consumidor energia em hospitais e determinante para a qualidade do ar interno. Dentre as vantagens da utilização de ventilação natural, está a melhoria da qualidade do ar interno, melhoria do conforto térmico dos ambientes internos, troca térmica com a estrutura do edifício (ajudando no resfriamento), diminuição dos gastos com energia relativos aos sistemas de climatização artificial, e conseqüentemente, menor lançamento de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.*

*A metodologia utilizada decorreu de uma revisão na literatura, cujo objetivo era associar qual a relação entre a ventilação natural e a qualidade do ar interno nos ambientes hospitalares, e apresenta o exemplo do Hospital Sarah Kubitschek no Rio de Janeiro. Como conclusão, pode ser observado que para Lelé, o clima era uma variável importante no processo da concepção das edificações, principalmente os hospitais. O conforto térmico era uma prioridade para promover o bem-estar dos usuários das edificações, como também na economia de energia.*

## 1. INTRODUÇÃO

Comparando com outros tipos de edificações, os estabelecimentos de saúde, em especial os hospitais, têm impactos especialmente grandes. Atributos que fazem com que eles sejam únicos são: funcionam em tempo integral, com grande circulação de pessoas, preocupação com controle de infecção, cuidados com assepsia, construção e reforma mesmo com a ocupação e uso do edifício, amplo volume de investimentos demandado pela qualidade da construção, manutenção, uso de produtos químicos perigosos, etc. O conjunto de condicionantes excepcionais é que tonam os hospitais complexos e desafiadores de serem operados (MASCARÓ, 1995; GUENTHER; VITTORI, 2013).

No caso específico de unidades de saúde, a qualidade do ar pode exercer uma influência direta e de grande significância na velocidade de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares (QUADROS, 2008). Com a introdução dos avanços tecnológicos

nas edificações, em especial os hospitais, os edifícios se tornaram cada vez mais fechados e seu grau de automatização também aumentou. Sistemas de ventilação tornaram-se mais sofisticados. O aumento do consumo energético deu-se, em grande parte, devido ao emprego de computadores, para variar as quantidades de ar introduzidas nos ambientes, baseados unicamente em requisitos de carga térmica nos espaços ocupados. Os critérios utilizados, no que diz respeito ao ar interior, foram à temperatura e a umidade, outros parâmetros envolvendo a qualidade do ar utilizado dentro dos edifícios foram ignorados (QUADROS, 2008).

A escolha do correto sistema de ventilação de ar deve ser cuidadosa, pois este é o maior consumidor energia em hospitais e determinante para a qualidade do ar interno. Não se deve apontar um determinado sistema como ideal para todos os casos, pois as variedades de condições climáticas, de manutenção, fornecimento dos equipamentos e de usos, podem apontar soluções particulares (CARVALHO; FARIAS, 2014).

No século IV a.C., Hipócrates, pai da medicina ocidental, escreveu: "A saúde humana não pode ser tratada separadamente do ambiente natural". Saúde não está apenas relacionada ao sentido denotativo da ausência de doenças, longevidade do ser humano, ou ausência do risco de morte. Saúde tem um significado muito mais abrangente e está ligado às premissas que definem a qualidade de vida. A Organização Mundial da Saúde (OMS), por exemplo, define saúde como um estado físico, mental e bem-estar social. (COSTEIRA, 2004).

Os processos industriais e de geração de energia, os veículos automotores e as queimadas são, dentre as atividades antrópicas, as maiores causas da introdução de substâncias poluentes à atmosfera, muitas delas tóxicas. Com o nível de conhecimento atual, é incontestável o reconhecimento das relações entre meio ambiente e saúde. Inúmeras são as possibilidades em que os problemas ambientais interferem direta ou indiretamente na saúde humana. Reconhece-se que a origem de diversas doenças está associada a múltiplos fatores e, que não depende exclusivamente das particularidades de um microrganismo, mas sim de características de um agente patológico, somadas a resposta do indivíduo àquele agente e do próprio meio ambiente onde eles estão inseridos (GIATTI, 2009).

Diversos elementos tóxicos são lançados no ar, solo e água por meio da ação humana. Quando liberados para o meio ambiente, produtos químicos tóxicos como metais pesados, pesticidas e outros poluentes orgânicos, podem ser absorvidos por órgãos humanos por contato dérmico, ingestão e inalação, levando a graves tipos de doenças (GIATTI, 2009; HOU e TABBAA, 2014). Estudos epidemiológicos demonstram correlações entre a exposição aos poluentes atmosféricos e problemas respiratórios (asma, bronquite, enfisema pulmonar e câncer de pulmão) e cardiovasculares, mesmo quando as concentrações dos poluentes na atmosfera não ultrapassam os padrões de qualidade do ar vigentes (MINISTÉRIO, 2017).

A poluição atmosférica pode ser definida como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, concentração, tempo ou características que possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à qualidade de vida da comunidade. A poluição do ar também traz prejuízos à economia, decorrentes do aumento do número de atendimentos, internações hospitalares e uso de medicamentos. Custos esses que poderiam ser evitados com a melhoria da qualidade do ar dos centros urbanos.

O ambiente interno das edificações, lugares onde as pessoas passam a maior parte do tempo diário, deve ser livre de compostos nocivos e intoxicantes. Os projetistas das edificações são os responsáveis por proporcionar um ambiente saudável aos usuários (MERTEN; CALDAS; SPOSTO, 2017). O melhoramento na qualidade do ar interno pode ser alcançado não somente com um bom projeto arquitetônico, como também com uma boa



seleção de materiais e métodos construtivos. O aumento das taxas de ventilação - com um bom projeto de ventilação - aliado a uma boa seleção de materiais e diminui a concentração de poluentes no ar (GUÍO, 2013).

As características do ar interno dependem diretamente da qualidade do ar no ambiente externo, mas também podem ser afetadas pelas atividades realizadas dentro das edificações, como fumo, preparo de alimentos, aquecimento de ar e água, materiais de construção, mobília, materiais de limpeza, solventes orgânicos (STATHOLOUPOU et al. 2008). Somente considerando os materiais de construção, estes podem ser responsáveis pela emissão de até 40% dos poluentes no edifício, permanecendo um curto tempo de vida no ambiente ou levando um longo período se manifestando (MISSIA et al., 2010). Outros fatores que exercem influência são o *layout* do edifício, o tipo de ventilação ou circulação de ar projetado. Uma série de poluentes, como monóxido de carbono, dióxido de carbono, amônia, óxido de enxofre e nitrogênio pode ser produzidos dentro do edifício (CARMO; PRADO, 1999).

## 2. OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo do artigo é descrever sobre a importância da ventilação natural para ambientes hospitalares, demonstrando através do Hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro (estudo de caso) quais as estratégias que foram utilizados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, levando em consideração o clima da cidade do Rio de Janeiro.

A metodologia utilizada foi de revisão na bibliográfica. Para atingir ao objetivo proposto, foram relacionados dois temas considerados essenciais para a compreensão do assunto:

- i. A qualidade do ar interno nos hospitais e a ventilação natural;
- ii. A apresentação do exemplo do Hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro, mostrando as soluções de ventilação de ar naturais adotadas pelo arquiteto João Filgueiras Lima.

## 3. ANÁLISES E DISCUSSÕES

### 3.1. A qualidade do ar interno nos hospitais e a ventilação natural

A partir da década de 70 do século passado houve um aumento do uso de sistemas de condicionamento de ar em edificações. Esta tendência influenciou no projeto de edifícios onde a comunicação com o ar externo é minimizada, podendo acarretar elevadas concentrações de poluentes gerados no ambiente interno. As concentrações podem ser de 2 a 5 vezes maior em ambientes internos do que em ambientes externos (ADDINGTON, 2004). Fatores físicos, como temperatura, umidade, taxa de circulação e renovação do ar não somente afetam o desenvolvimento de microrganismos no ambiente interno, mas também a forma de dispersão e a diluição dos contaminantes. Ambientes com elevada taxa de umidade relativa do ar e temperatura favorecem o desenvolvimento de fungos (QUADROS, 2008).

A forma, os materiais, assim como muitas soluções arquitetônicas favorecem o superaquecimento dos edifícios e conseqüentemente, favorecem o consumo de energia com o ar condicionado. Atualmente, devido a grande complexidade das edificações hospitalares, e o uso de novas tecnologias, fazem com que as questões ambientais muitas vezes sejam desconsideradas na concepção dos edifícios. As soluções de iluminação e ventilação naturais deram lugar a sistemas artificiais, trazendo como conseqüência, a má qualidade do ar nos ambientes internos, além do descuido com aspectos da humanização dos espaços e aumento do consumo energético (MONTERO, 2006; LUKIANTCHUKI, 2010).

Nos hospitais, os pacientes estão em uma condição de vulnerabilidade, e nem todos se adaptam ao ar-condicionado. Muitos são os casos de aumento de alergias, e ressecamento

de fossas nasais ou auriculares - sensação que aumenta o desconforto - são relatadas. Locais como centro cirúrgico, salas de radiologia, ressonância magnética, centros de tratamento de terapia intensiva, são exemplos de ambientes que necessitam de um grande controle de várias variáveis para manter o ar sempre homogêneo (MONTERO, 2006). Outros ambientes, como corredores, recepções, e principalmente os quartos de internação, são áreas que podem receber ventilação natural sempre prejudicial à saúde das pessoas que por ali circulam ou permanecem. Outro ponto que precisa ser destacado é a falta de manutenção nos filtros de ar, fazendo com o que a ocorrência de problemas respiratórios aumente. O controle e manutenção dos filtros devem ser altos, porém muitas vezes são negligenciados.

As formas de ventilação natural dos ambientes por vezes não são aproveitadas, preferindo-se os sistemas artificiais. O arquiteto precisa se conscientizar da importância de utilizar prioritariamente os meios naturais para ventilar, e aprender os princípios fundamentais (MONTERO, 2006). A ventilação mecânica ou artificial só é essencial quando a ventilação natural se mostra insuficiente ou quando o ambiente tem restrições especiais e precisam de um controle mais rigoroso de temperatura, umidade relativa do ar ou outros fatores (ROSSI, KRÜGER e BRÖDE 2012). A ideia inicial é de que a ventilação natural é prioritária, e quanto houver necessidade, a ventilação mecânica, ou artificial será utilizada como complemento.

Para uma ventilação satisfatória, a localização do edifício deve ser determinada de acordo com o seu entorno e o microclima. A ventilação é apontada, frequentemente, como uma estratégia bioclimática eficiente para obtenção do conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos. Além disso, o alcance social dessa estratégia é indiscutível (BITTENCOURT, et al., 2003). Sua importância não está apenas na obtenção de conforto, mas também por razões de salubridade dos ambientes e de seus habitantes, já o favorecimento à penetração dos ventos dominantes traz uma renovação contínua do ar interno no recinto.

Dentre as vantagens da utilização de ventilação natural, está a melhoria da qualidade do ar interno, melhoria do conforto térmico dos ambientes internos, troca térmica com a estrutura do edifício (ajudando no resfriamento), diminuição dos gastos com energia relativos aos sistemas de climatização artificial, e conseqüentemente, menor lançamento de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (LUKIANCHUKI, 2010). Segundo Olgay (1998), para o equilíbrio de conforto o movimento de ar deverá ser avaliado tanto positivo como negativamente. Em períodos de frio, deverá ser bloqueado para impedir sua penetração nos ambientes internos, no entanto, em épocas de calor deverá ser admitido e utilizado para melhorar as condições de conforto. Conhecer a direção e a velocidade do vento antes de projetar é imprescindível para posicionar as aberturas dos edifícios a fim de favorecer a ventilação cruzada.

Quanto ao movimento de ar interno, a boa ventilação depende da pressão do ar em todas as faces do edifício, o que determina o correto posicionamento das aberturas. Por isso, a geometria do edifício é um fator essencial. Edificações com grande quantidade de aberturas voltadas para a áreas externas facilitam a ocorrência da ventilação. A forte integração entre ambientes internos e externos são características construtivas que favorecem o fluxo de ar. Assim como o uso de varandas, pérgolas, elementos vazados, lanternins, aberturas zenitais, dentre outras estratégias, que permitem a permeabilidade do ar, ao mesmo tempo em que protegem e filtram a luminosidade natural excessiva (NEVES, 2006).

Em regiões de clima frio, a ventilação natural é importante para manter a qualidade do ar. As regiões de clima quente necessitam de ventilação não apenas para a qualidade do ar, que ultrapassam generosamente as taxas mínimas estabelecidas, mas principalmente por razão térmica. Segundo Rivero (1986), a ventilação natural dinâmica é o tipo de ventilação mais adequada a regiões de clima quente úmido. Diversos aspectos devem ser considerados ao se estudar a viabilidade de ventilação natural nos edifícios: aspectos locais relativos ao

clima da cidade, orientação do layout, qualidade do ar interno, seleção dos tipos de aberturas e janelas assim como suas características operacionais.

Num país tropical, como o Brasil, o excesso de umidade gera certo desconforto nas pessoas, devido à saturação do ar, que impede a evaporação do suor, aumentando a sensação de calor. A baixa umidade, também trás consequências negativas, como o ressecamento de mucosas nasais (MONTERO, 2006). No caso dos hospitais, a ventilação é importante para a renovação de ar e higienização dos ambientes interiores, uma vez que, ambientes hermeticamente fechados favorecem a proliferação de bactérias e outras doenças contagiosas. A faixa de umidade considerada boa é entre 40% e 60%. Estudos sugerem que as condições favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos ocorrem com uma umidade relativa do ar entre 70% e 80% a temperatura de 25 °C. Existem várias opções disponíveis para o controle de agentes infecciosos transmitidos pelo ar, entre elas: ventilação, renovação do ar, filtração, irradiação ultravioleta e isolamento por controle de diferenças de pressão (PEREIRA; TRIBESS, 2004).

### 3.2. Estudo de caso: Hospital Sarah Kubitschek do Rio de Janeiro

No Brasil, João Filgueiras Lima, o Lelé se destacou como um arquiteto que aplicava em suas obras estratégias de ventilação e iluminação naturais. O sucesso do arquiteto se baseou na preocupação com os valores humanos e socioculturais, a concepção de estruturas formais que sintetizam as necessidades programáticas e funcionais e as potencialidades das tecnologias. Ele integrava princípios funcionais, econômicos e ambientais, alcançando redução de custos da obra, como também menor gasto com energia elétrica, ao mesmo tempo em que projetava espaços agradáveis e mais humanizados (LUKIANCHUKI, 2010).

O grande destaque de sua produção arquitetônica são os hospitais da Rede Sarah, considerados verdadeiros exemplos de arquitetura bioclimática. O terreno destinado à implantação do Hospital Sarah do Rio de Janeiro localiza-se na zona oeste da cidade, no bairro Barra da Tijuca. Ocupa uma quadra com cerca de 80.000 m<sup>2</sup> e situa-se próximo à lagoa Jacarepaguá. O complexo hospitalar do Rio de Janeiro é composto por cinco blocos: apoio aos serviços, serviços gerais, internação e reabilitação, residência médica, centro de estudos e auditório, ao todo com aproximadamente 55.000 m<sup>2</sup>. A obra pode ser caracterizada pela racionalização e industrialização: a estrutura da edificação é feita de um sistema pré-fabricado misto de estrutura metálica e vedação em argamassa armada (LUKIANCHUKI, 2010).

O clima do Rio de Janeiro é classificado também como quente e úmido, apresentando temperaturas elevadas, altas taxas de umidade relativa do ar e radiação solar intensa. A direção predominante dos ventos no verão é norte e sudeste, e no inverno é norte. Como as temperaturas ao longo do ano são predominantemente altas, a melhor estratégia em uma edificação é a adoção de ventilação natural, tanto para reduzir temperaturas, quanto para o conforto térmico e menor gasto energético (LAMBERTS, DUTRA e RUTTKAY, 2014).

O grande destaque do hospital são as coberturas (Figura 1). Os *sheds* são compostos por telhas e forros de alumínio, formando entre eles uma camada de ar de 15 cm de espessura. A cobertura é desconectada do restante da estrutura e independente dos espaços internos, formando um grande espaço de ar ventilado. Entre a cobertura externa em *sheds* e os ambientes internos, têm-se forros basculantes e arcos retráteis. A estrutura vence vãos de até 15 m, e chega a ter um pé-direito sempre maior do que 8 m. Entre os *sheds* e os tetos móveis, existe um grande espaço de ar ventilado de cerca de 4 m que funciona como uma proteção térmica. Além disso, a localização das aberturas dos *sheds* em lados opostos – barlavento e sotavento - permite a renovação contínua do ar, evitando nesse espaço o acúmulo de ar quente. Essa camada de ar ventilada entre as coberturas ajuda na dissipação

do calor vindo pela incidência da radiação solar sobre a cobertura externa (Figura 2) (MONTERO, 2006).



Figura 1. Cobertura do Hospital Sarah do Rio de Janeiro, acervo CTRS (2008).

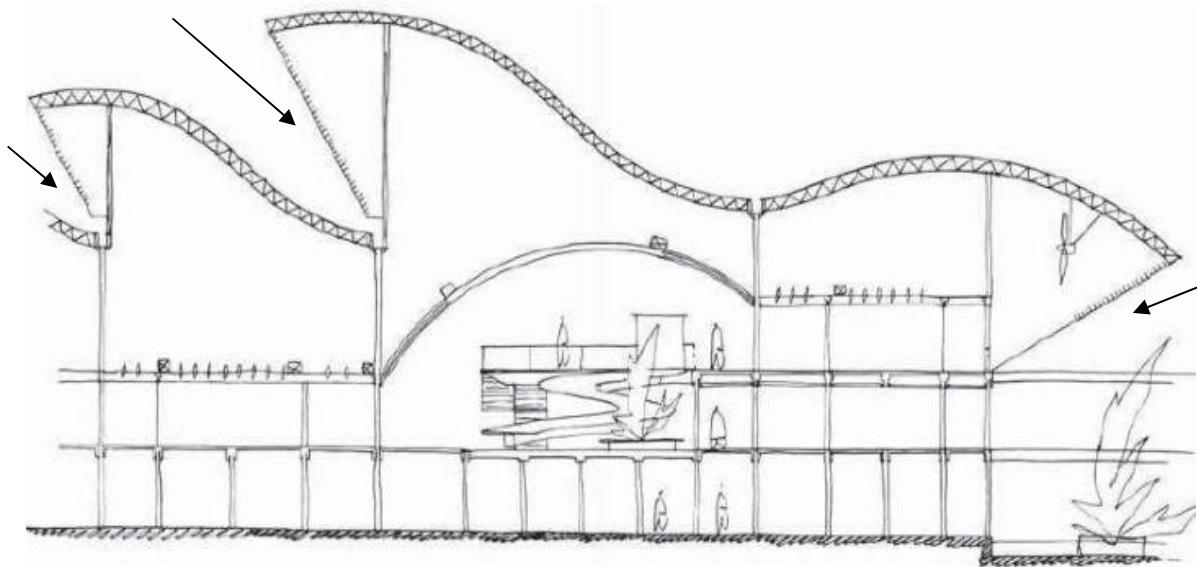


Figura 2. Representação esquemática dos sheds, acervo CTRS (2008).

Além da grande camada de ar, tem-se também o uso da manta de bidim e a pintura da cobertura na cor branca. Utilizando coberturas refletoras e ventiladas nos dois hospitais, Lelé visou melhorar o conforto térmico interno. A ventilação natural auxilia no alcance de um melhor desempenho térmico dos ambientes internos. O movimento de ar interno provoca uma sensação de resfriamento devido à perda de calor por convecção, que aumenta a evaporação do corpo. À medida que o movimento do ar aumenta, o limite superior do conforto também se eleva (LUKIANCHUKI, CARAM, 2013).

O controle de ventilação e iluminação naturais de cada ambiente se faz através de esquadrias localizadas em seus respectivos tetos (Figura 3 e Figura 4), e é independente do sistema de iluminação e ventilação permanente, criado pelos *sheds* da cobertura. Nos períodos quentes, os basculantes do teto são fechados, e as unidades *fancoil*, abastecidas pelo sistema de água natural passam a gerar ar refrigerado, que é insuflado em cada



unidade. O retorno do ar às unidades *fancoil* é feita através de dutos, também localizados no piso técnico (MONTERO, 2006).



Figura 3. Sistema de painéis basculantes internos, acervo CTRS (2008).



Figura 4. Vista dos basculantes dos sheds, acervo CTRS (2008).

A ventilação e o conforto térmico dos ambientes são feitos por três diferentes métodos. A primeira é a ventilação natural realizada exclusivamente pelos basculantes do teto. A segunda é a ventilação natural forçada, feita através do de dutos que insuflam o ar para os ambientes internos, e é captado pelas unidades *fancoil* localizadas no pavimento técnico. A terceira opção é o insuflamento de ar refrigerado através dos mesmos dutos da alternativa anterior, impulsionado pelas unidades *fancoil*, que passam a receber circulação de água gelada produzida na central frigorígena, também localizada no pavimento técnico. Nesse caso, os basculantes e as aberturas dos tetos são fechados através de sistema motorizado acionado por interruptores ou controle remoto (MONTERO, 2006; LUKIANTCHUKI, 2010).

#### 4. CONCLUSÕES

Nas regiões de clima quente-úmido, as edificações devem se beneficiar da ventilação e se proteger da radiação solar. A manipulação da ventilação natural é uma solução eficiente para aumentar o conforto das edificações em climas tropicais e subtropicais. A movimentação do ar, através de ventilação cruzada num ambiente, ajuda na melhoria da sensação de conforto.

A ventilação natural deve utilizada de modo muito criterioso dentro das edificações hospitalares. É necessário observar que não são todos os ambientes que podem se beneficiar dela, pois precisam de um rigoroso controle sobre as partículas em suspensão no ar, a fim de evitar contaminações. Outro ponto que deve ser levado em consideração é a qualidade do ar externo, pois ele tem influência direta na qualidade do ar interno. Além disso, os projetistas devem ter o cuidado em não criar correntes de ar em pacientes acamados, pois o metabolismo deles está em atividade mais lenta e eles tendem a sentir frio com mais facilidade.

O desafio e papel dos arquitetos é criar condições ideais de conforto dentro de uma edificação. Atualmente é mais cômodo e fácil fazer uso de ventilação artificial, porém, como consequência os prejuízos ao meio ambiente e a saúde das pessoas acabam sendo maiores. Para Lelé, o clima era uma variável importante no processo da concepção das edificações, principalmente os hospitais. O conforto térmico era uma prioridade para promover o bem-estar dos usuários das edificações, como também na economia de energia.



## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addington, M. (2004). *History and future of ventilation*. In: Sprengler, J. D.; Samet, J. M.; Maccarthy, J. F. In: **Indoor air quality handbook**. New York: McGraw-Hill, p. 1448.
- Bittencourt, L. S.; Cândido, C.; Batista, J. O. *A utilização de captadores de vento para aumentar a ventilação natural em espaços de sala de aula*. In: *Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído*. 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ANTAC, 2003.
- Carmo, A. T.; Prado, R. T. A. *Qualidade do Ar Interno*. **Texto Técnico - Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 1999.
- Carvalho, A. P. A.; Farias, P. M. *Ambiente hospitalar e consumo de energia*. In: **VI Congresso Brasileiro para o Desenvolvimento do Edifício Hospitalar**. Anais...: Florianópolis: ABDEH, 2014. v. 1, p. 79- 87.
- Costeira, E. M. *O Hospital do Futuro: uma nova abordagem para projetos de ambientes de saúde*. In: Santos, M.; Bursztyn I. (orgs). **Saúde e arquitetura - Caminhos para a humanização dos ambientes hospitalares**. Rio de Janeiro: Editora Senac Rio, 2004. p.77-91.
- CTRS – Centro de Tecnologia da Rede Sarah. Disponível em: <<http://www.sarah.br/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- Giatti, L. **Fundamentos de Saúde Ambiental**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2009.
- Guío, L. M. P. **Compostos Orgânicos Voláteis em tintas imobiliárias: caracterização e efeitos sobre a qualidade do ar em ambientes internos construídos**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura. Universidade Federal de São Paulo, 2013.
- Guenther, R.; Vittori, G. **Sustainable Healthcare Architecture**. 2ª edition. New Jersey: Wiley, 2013.
- Hou, D.; Tabbaa, A. **Sustainability: A new imperative in contaminated land remediation**. *Environmental Science & Policy*, 2014. v. 39, p. 25-34.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Ruttkay, P. **Eficiência energética na arquitetura (3ª Edição)**. São Paulo: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.
- Lukiantchuki, M. A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.
- Lukiantchuki, M. A.; Caram, R. M. *Análise do conforto térmico na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro*. In: XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELAC, 2013, Brasília. **Anais...** Brasília.
- Mascaró, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas no Projeto de Hospitais**. Brasília: Ministério da Saúde, 1995.
- Merten H. O.; Silva, M. B.; Caldas, L. R.; Sposto, R. M. *Compostos Orgânicos Voláteis de Tintas imobiliárias e certificações ambientais: estudo de caso para subsolos*. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. Goiânia, GO, vol. 13, n. 1, p. 128-139, jan 2017.
- Ministério do Meio Ambiente. **Qualidade do Ar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar>>. Acessado em: 08/08/2017.
- Missia, D.; Demetriou, E.; Michael, N.; Tolis, E. I.; Bartzis, J. G. *Indoor exposure from building materials: a field study*. **Atmospheric Environment**, n.44(35), p.4388-4395, 2010.
- Montero, J. I. P. **Ventilação e Iluminação Naturais na Obra de João Filgueiras Lima, Lelé**. *Estudo dos Hospitais da Rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.
- Neves, L. O. **Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Porto: estratégias de ventilação natural**. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo. 2006.

- Olgyay, V. (1998). **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili.
- Pereira, M. L.; Tribess, A. *Estratégias de controle de agentes patogênicos transmitidos pelo ar em ambientes hospitalares*. In: Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul – Mercofrio 11. **Anais...**, Curitiba: [s.n.]. 2004.
- Quadros, M. E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- Rivero, R. **Acondicionamento térmico natural: arquitetura e clima**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1986.
- Robbins, C. L. **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.
- Rossi, F. A.; Krüger, E. L.; Bröde, P. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41-59, jan./mar. 2012.
- Statholoupou, O. I.; Assimakopoulos, V. D.; Flocas, V.A.; Helmis, C. G. *An experimental study of air quality inside large athletic halls*. **Building and Environment**. v 34, n. 5, p. 793-803. ISSN 0360-1323.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# A VENTILAÇÃO NATURAL COMO FORMA DE CONFORTO HIGROTÉRMICO: SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE UM EDIFÍCIO ASSISTENCIAL DE SAÚDE NO RIO DE JANEIRO

*Kátia Maria Macedo Sabino Fugazza (katia.fugazza@gmail.com); Lucas Rosse Caldas (lrc.ambiental@gmail.com); Maria Julia de Oliveira Santos (mariajuliasan@gmail.com)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil

**Palavras chaves:** Ventilação Natural; Simulação Computacional Termoenergética; Edifício Assistencial de Saúde.

*Este trabalho tem como objetivo a avaliação do comportamento da abertura das janelas como condicionante de desempenho térmico de uma enfermaria do Hospital Municipal Lourenço Jorge, localizada no Rio de Janeiro - RJ. O método empregado partiu da caracterização da edificação, das condições climáticas do entorno e elaboração do modelo computacional para simulação termo energética, que foi realizada no software DesignBuilder integrado ao EnergyPlus. Para essa avaliação adotou-se a taxa de renovação de ar de 12,00 ac/h com fator de abertura das janelas da enfermaria de 30% do vão total, pelo fato de serem pivotantes. Os resultados obtidos demonstraram diminuição de temperatura de conforto na média anual de 1,15°C, entre o cenário sem e com ventilação natural, no entanto, não foi suficiente para atender as taxas de conforto definidas pela ASHRAE-55. Esse trabalho traz como principal contribuição a apresentação de um processo de aplicação da simulação computacional termoenergética para a avaliação do impacto da ventilação natural, que pode ser confrontado, no futuro, com medições in loco nos edifícios assistenciais de saúde.*

## 1. INTRODUÇÃO:

Com o advento da ventilação mecânica, a ventilação natural passou a ser coadjuvante na obtenção do conforto térmico nos ambientes de saúde sendo esta uma das estratégias bioclimáticas mais importante para climas quentes e úmidos (LAMBERTS et al., 2005).

A influência do ambiente térmico nos seres humanos é investigada por experimentos de campo em vários lugares e climas desde meados da década de 1980 (SCHILLER, 1988). No caso de uma enfermaria de um hospital, isso se torna ainda mais necessário, devido à necessidade de assepsia e à possibilidade de transmissão de infecções por vias aéreas (ANVISA, 2009). De acordo com Quadros (2016), a complexidade na avaliação do conforto térmico é ampliada quando se refere aos ocupantes e pela fragilidade de saúde de alguns usuários, podendo também exercer uma influência direta e significativa na velocidade de recuperação dos pacientes e na ocorrência de infecções hospitalares. Devem ser considerados também o conforto ambiental e a salubridade, característica relativa à presença de germes e bactérias, que existem aos milhões em qualquer ambiente. Fatores que determinam a temperatura nas edificações, tais como a disposição de aberturas, o material que constitui as paredes e revestimentos e o condicionamento ou aquecimento do ar devem ser planejados com o devido cuidado ao uso a ser dado a cada ambiente, uma vez que temperaturas altas podem induzir sensações de preguiça, de letargia e diminuem a produtividade das pessoas.

Os edifícios assistenciais de saúde (EAS), em composição simples ou complexa, seja um posto de saúde ou um hospital especializado, abarcam diversas limitações de concepção

em função das inúmeras disposições normativas inerentes. Abrigam uma diversidade de indivíduos das mais diversas classes, culturas e perfis sociológicos e, historicamente, funcionam como estruturas de poder verticalizadas, seja em função de sua administração, dos serviços prestados ou das próprias relações entre os seus diversos usuários. Como relata Góes (2011), devido à grande complexidade nas instalações, o consumo de energia é um dos principais destaques e influenciadores no impacto ambiental causado pelas EAS.

O que passou a preponderar no Brasil cada vez mais é a priorização em incorporar as novas tecnologias com a utilização de sistemas de condicionamento e iluminação artificiais mais eficientes energeticamente. Por conta da eficiência energética, inúmeros países propõem melhorias energéticas nos EAS através de certificações e normas. Dentre essas estratégias destaca-se a adoção de soluções passivas para o condicionamento ou aquecimento dos ambientes, como o uso da ventilação e iluminação natural. (JEFFE e WESTPHAL, 2012, p. 2).

Segundo Adamu, Price e Cook (apud JEFFE e WESTPHAL, 2012, p. 2) a utilização da ventilação natural é atraente devido ao seu potencial em proporcionar um menor consumo de energia. Entretanto, utilizá-la e ao mesmo tempo manter as taxas de vazão de ar para manter a qualidade do ar interno e o conforto térmico é um desafio.

A ventilação é um fator de suma importância para a dissipação dos contaminantes existentes no ar e cada área no EAS deve possuir um índice de acordo com sua função.

A RDC nº 50 (BRASIL, 2002), não regulamenta as taxas de renovação de ar para os EAS e cita somente o cumprimento às normas edilícias da região e os espaços em que são possíveis de uso de ventilação natural. Essas informações podem ser obtidas na World Health Organization (WHO, 2009) recomendando 60 litros/segundo por paciente para áreas com pacientes externos, quartos de internação e enfermarias em geral. Contudo, esses dados são apenas norteadores projetuais, porém com esta publicação demonstra-se o crescente reconhecimento do papel da ventilação natural sobre a qualidade do ar.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho será avaliar o comportamento da abertura das janelas como condicionante de desempenho térmico em uma enfermaria do Hospital Municipal Lourenço Jorge (HMLJ), localizada no Rio de Janeiro - RJ. Edificação projetada para o uso da ventilação natural nos seguintes blocos: Ambulatorial; Administração; Enfermarias; Cozinha e Lavanderia e Manutenção. Será avaliada a tipologia das aberturas para a ventilação natural utilizadas nos hospitais.

## **2. OBJETIVO**

Este trabalho tem como objetivo a avaliação do comportamento da abertura das janelas como condicionante de desempenho térmico de uma enfermaria do Hospital Municipal Lourenço Jorge, localizada no Rio de Janeiro - RJ.

## **3. MÉTODO**

O método utilizado nesta pesquisa enquadra-se como estudo de caso e foi dividido nas seguintes etapas:

- Caracterização da edificação;
- Caracterização climática do entorno;
- Elaboração do modelo computacional e simulação termoenergética.

### **3.1. Caracterização da Edificação**

O Hospital Municipal Lourenço Jorge (HMLJ), localizado na Av. Ayrton Senna, nº 2.000 no bairro da Barra da Tijuca – Rio de Janeiro/RJ, conforme mostra a figura 1, definida pelas coordenadas -22° 99'46" e -43° 36'42", altitude de 3,0m em relação ao nível do mar, para a



medição de altitude utilizou-se como base o aeroporto de Jacarepaguá que se encontra a aproximadamente 80m de distância.



Figura 1. Localização do HMLJ, autores adaptado Google.

O Hospital se caracteriza por atendimentos de emergência de baixa complexidade e para atender a área da Barra da Tijuca e Jacarepaguá (COUTO, 2009, pg. 44), com 16.000m<sup>2</sup> de área construída, possuindo emergência, consultórios, enfermarias e UTI com três leitos cada, imagenologia, salas cirúrgicas e áreas técnicas, administrativas e de apoio.

Com base na tipologia e foco do estudo, escolheu-se para a simulação uma enfermaria com 29,23m<sup>2</sup>, situadas na fachada norte, desta forma, a pesquisa foi direcionada para tal regiões, como mostrado na figura 2.

A edificação possui um pavimento com aproximadamente 12.500,00m<sup>2</sup> de área construída, tendo a enfermaria estudada 29,23 m<sup>2</sup>.



Figura 2. Planta baixa e corte do HMLJ, autores adaptado de Secretaria Municipal de Urbanismo.

As enfermarias, voltadas para a área externa, possuem amplas esquadrias e passarelas externas cobertas para interligação entre setores, possuindo 2,30m de largura garantindo a proteção destas.

### 3.2. Caracterização climática do entorno

De acordo com o zoneamento climático brasileiro da norma NBR 15220 (ABNT, 2005) o estado do Rio de Janeiro se encontra na zona bioclimática 8. De acordo com a norma das diretrizes projetuais a ventilação natural e sombreamento das aberturas são principais premissas de conforto para a edificação.



Usou-se para análise bioclimática o programa AnalysisBio 2.2, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEE) da Universidade federal de Santa Catarina (UFSC) e constatou-se que a ventilação natural é a estratégia climática principal para os seguintes meses do ano: janeiro, fevereiro, março e dezembro.

Para o estudo do vento na implantação, utilizou-se a rosa dos ventos, conforme mostra a figura 3, disponibilizada pelo sítio Windfinder, da estação do aeroporto de Jacarepaguá, e que se encontra a 1,00Km de distância em linha reta da edificação.

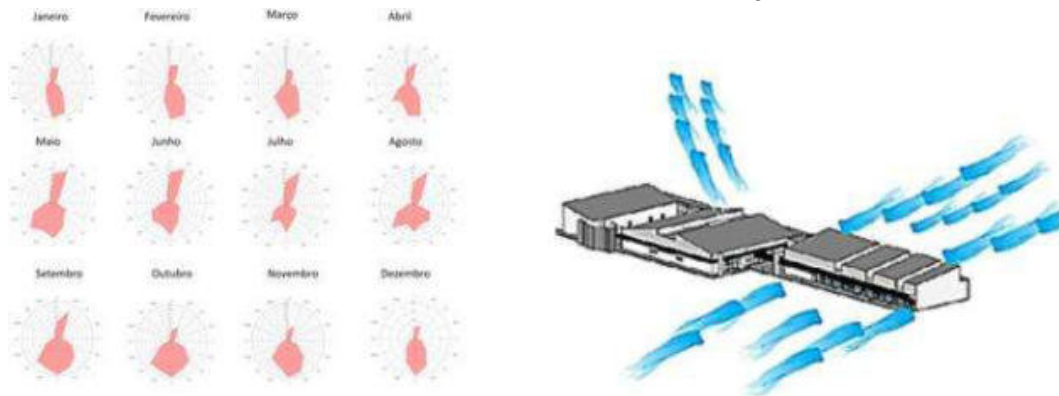


Figura 3. Rosa dos ventos mensais e ação na edificação - estação meteorológica do Aeroporto de Jacarepaguá/RJ, autores adaptado do sítio Windfinder

### 3.3. Elaboração do modelo computacional e simulação termoenergética

O programa de simulação termo energética adotado no presente trabalho foi o DesignBuilder v5.5.0.12, que está integrado à ferramenta EnergyPlus 8.6. Este programa permite a modelagem da edificação na fase de concepção ou avaliação de edificações já existentes, com materiais já definidos. A justificativa pela escolha do software foi por ter uma interface amigável e pela norma NBR 15.575-1 (ABNT,2013) recomendar o uso do EnergyPlus como programa de simulação. Para este estudo, usou-se o arquivo com a extensão \*EPW da Vila Militar.

#### 3.3.1. Sítio, características e propriedades do modelo

Para a análise das condições climáticas da edificação foi adotado o arquivo climático EPW do Rio de Janeiro – Vila Militar, obtido do Laboratório de Eficiência Energética de Edificações (LabEEE). Para este estudo, apenas o entorno imediato da enfermaria a ser estudada foi modelada, conforme mostra a figura 4.

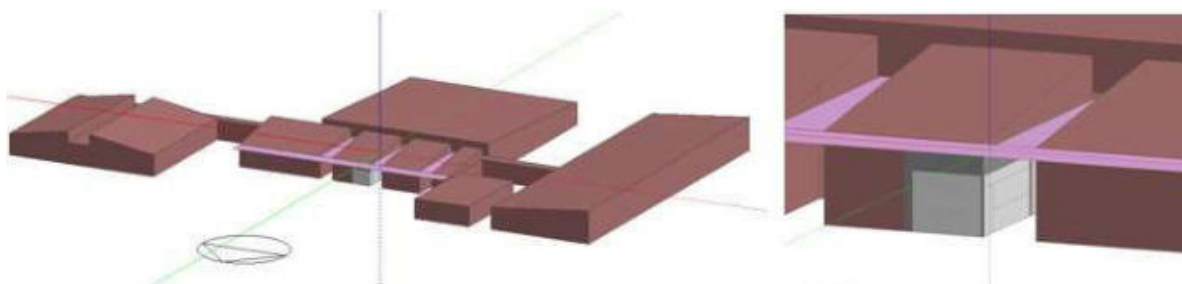


Figura 4. Entorno imediato e enfermariamodelado no Programa DesignBuilder, autores.

Usou-se para a modelagem os seguintes materiais: pilares, vigas e laje em concreto armado, vedações internas e externas em cerâmica furada com 9mm, emboço de 2,5mm, pintura externa na cor branca e interna na cor marfim, portas internas em madeira oca pintada na cor verde, esquadrias externas com estrutura em ferro pintadas na cor verde e vidro simples de 6mm, piso interno em granitina na cor cinza escuro, telhas metálicas e pé-direito com 2,57m.

### 3.3.2. Simulação da edificação

Para a simulação utilizou-se os materiais, componentes, aberturas e orientação solar do projeto original. A carga térmica para o ambiente foi definida de acordo com a ASHRAE Standard 90.1 e uso de 24 horas de consultas e tratamentos, originário do DesignBuilder. Optou-se a modelagem do entorno imediato em blocos adiabáticos para servirem como barreira da radiação térmica e da ventilação natural, sendo usada somente a zona a ser estudada em bloco componente.

Usou-se como critério para a escolha da enfermaria selecionada a voltada diretamente para o vento incidente norte.

As esquadrias são formadas por quatro (4) painéis pivotantes e quatro (4) painéis fixos. As esquadrias com janelas operáveis são compostas por duas (2) bandeiras móveis com 1,10m x 0,95m e com 0,40m x 0,95m. A dimensão do conjunto 3,80m de largura x 2,57m de altura. De acordo com LAMBERTS (2014, pg.177) para a inclinação da janela maxi-ar de 45° possuem 30% de área útil de abertura. Totalizando para a esquadria da enfermaria o total de 2,36m<sup>2</sup> de área útil de abertura.

Para os elementos construtivos adotou-se as seguintes propriedades dos materiais de acordo com a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), conforme apresentados na tabela 1.

Quadro 1. Propriedades dos materiais

	Material	Resistência	Transmitância	Atraso Térmico	Capacidade Térmica	Fator Solar
Piso	Laje maciça 10 cm	0.27 m <sup>2</sup> K/W	3.74 W/m <sup>2</sup> . K	2.3 h	220 J/K	
Parede	Argamassa interna 2.5 cm. Bloco cerâmico 14x19x29 cm. Argamassa Externa 2.5 cm	0.55 m <sup>2</sup> K/W	1.83 W/m <sup>2</sup> . K	4.3 h	161 J/K	
Pintura da Parede	Pintura acrílica fosca na cor branca					
Cobertura	Laje pré-moldada 12 cm   Câmara de ar (> 5.0 cm)   Telha metálica 0.6 cm	0.56 m <sup>2</sup> K/W	1.80 W/m <sup>2</sup> . K	4.8 h	169 J/K	
Vidros	Vidro laminado cinza 6 mm					0.28

Para avaliar o desempenho térmico das aberturas para condicionante de desempenho térmico selecionou-se duas configurações de aberturas das esquadrias, identificadas abaixo:

- Configuração 1 – Janelas abertas em 30% e porta interna aberta 100%, para esta simulação utilizou-se renovação de ar de 12,00 ac/h.
- Configuração 2 – Janelas fechadas e porta interna aberta 100%, para esta simulação utilizou-se renovação de ar de 1,00 ac/h.

Para a simulação, adotou-se a taxa sugerida pelo WHO (2009) de 60 litros/segundo/pessoa, selecionou-se os meses de: fevereiro, por ser o mês com a maior amplitude térmica e o mês

de maio por ser o mês com a ventilação natural indicada pela carta climática e pelos ventos em maior proporção pela face norte e uso hospitalar com funcionamento de 24 horas.

A temperatura externa do bulbo seco foi adotada como parâmetro de análise para as condições externas. A enfermaria foi modelada com uma (1) zona térmica.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 5 mostra o resultado anual da temperatura externa do bulbo seco e a temperatura com as janelas abertas e fechadas na edificação. Nota-se que no mês de fevereiro, este com a maior temperatura externa de bulbo seco de 26,03°C, a abertura da janela influenciou a diminuição de 0,65°C na temperatura operativa interna. Já no mês de agosto, constatou-se a maior diferença de temperatura pela abertura das janelas de 1,53°C.

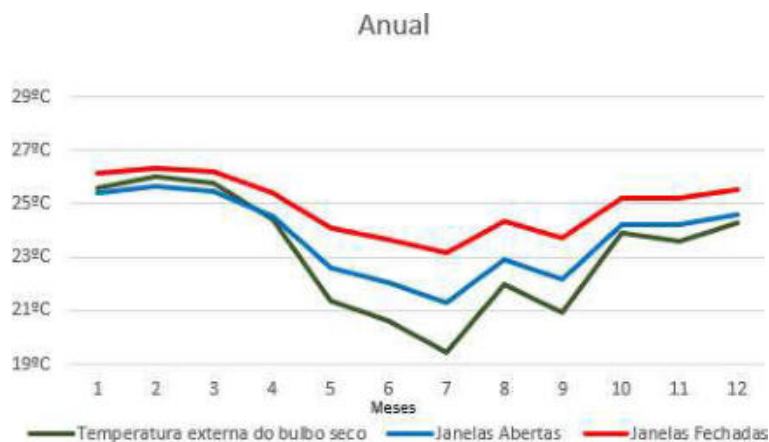


Figura 5. Temperatura interna da configuração 1 com as janelas abertas, da configuração 2 com as janelas fechadas e temperatura externa, autores.

Percebe-se ainda que por meio dos resultados da figura 05, a temperatura dos meses de janeiro e março diminuem em relação à temperatura externa em 0,28°C, somente com a abertura das janelas. Já nos meses subsequentes, o interior se torna mais quente do que o exterior.

Para os meses de fevereiro, adotado por ser o mês com a maior amplitude térmica e o mês de maio, por ser o mês com a ventilação natural indicada pela carta climática, houve para o mês de fevereiro uma diminuição de 0,65°C na temperatura apenas com a abertura das janelas e para o mês de maio uma diminuição de 1,47°C. como mostrado na figura 6.

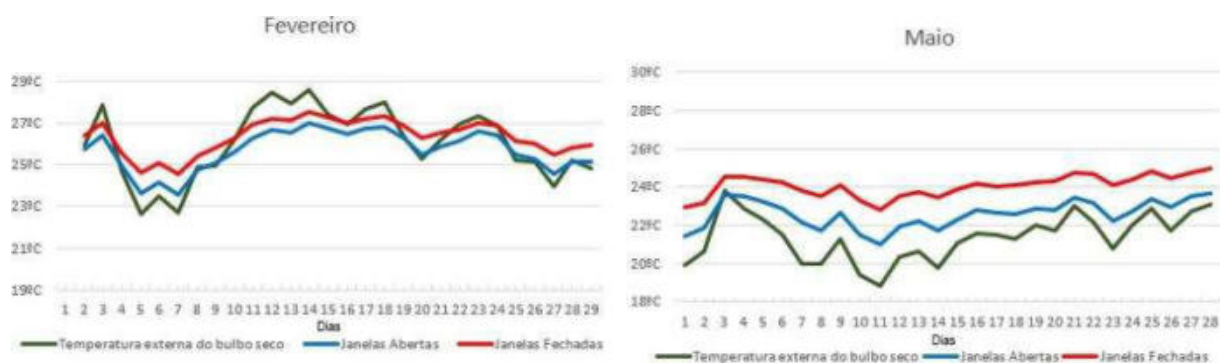


Figura 6. Temperatura interna com as janelas abertas e com as janelas fechadas em relação a temperatura radiante, autores.

## 5. CONCLUSÃO

Diversos estudos comprovam a eficácia da ventilação natural como forma de dissipação dos contaminantes do ar e na eficiência energética nos edifícios assistências de saúde, porém esta ainda é pouco usada pela inconstância dos ventos e pela dificuldade de simulação e falta de normas específicas nacionais.

Através dos resultados das simulações constatou-se que com as janelas abertas a temperatura média diminuiu 1,15°C anual. Porém, verificou-se que a ventilação natural não é suficiente na maioria dos meses do ano para atender as taxas de conforto definidas pela ASHRAE-55.

Percebe-se que pelo projeto apresentado para este estudo (COUTO,2009), na concepção do projeto original havia ventilação entre forro e janelas acima da marquise de proteção, estas hoje fechadas, promovendo assim a ventilação cruzada por todo o edifício. A modelagem foi feita sem as condições originais de abertura pelo telhado pela falta de detalhamento no projeto.

A simulação computacional para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação de saúde é uma ferramenta pouco utilizada apesar da importância para os arquitetos na fase inicial do projeto, pois nessa etapa, pode-se propor alternativas projetuais que se adequem ao resultado esperado.

Para trabalhos futuros indica-se o levantamento e medição *in loco* da ventilação e conforto térmico na EAS estudada, para confrontar-se dados do momento com os da simulação computacional. Necessita também a realização de novas simulações considerando o fluxo dos ventos com o plugin CFD do DesignBuilder.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2005). NBR 7256: Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde, Rio de Janeiro.
- Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. (2002). RDC nº. 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais a saúde. Brasília,
- \_\_\_\_\_.Nota Técnica, de 16 de abril de 2009. (2009). Importância dos projetos de sistemas de climatização em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Brasília.
- ASHRAE, American society of heating refrigerating and air conditioning engineers. (2013). ASHRAE Standard. 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta
- \_\_\_\_\_. (2007). 90.1 User's Manual ANS I/ ASHRAE / IESNA standard 90.1. Atlanta. 358 p
- \_\_\_\_\_.ASHRAE Standard 140-2011, Standard Method of Test for the evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs.
- Couto, R. S. (2009). Hospital Municipal Lourenço Jorge: Um estudo sobre a contribuição da arquitetura para o processo terapêutico. Mestrado – FAU/UFRJ. Rio de Janeiro.
- Goés, R. de. (2004). Manual prático de arquitetura hospitalar. São Paulo: Edgard Blücher.
- Jeffe, A. P. M e Westphal, F. S. (2015). Desempenho térmico de quartos de internação hospitalar por meio de simulação computacional. In: XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. Disponível em:  
<http://www.infohab.org.br/encac/files/2015/topico4artigo32.pdf>.
- Lamberts, R. et al. (2005). Desempenho Térmico de Edificações. Apostila LabEEE. 3. ed. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Disponível em:  
[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Apresentação%20Disciplina\\_0.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Apresentação%20Disciplina_0.pdf).
- Projete. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/>.

- Schiller, G. et al. (1988). *A field study of thermal environments and comfort in office buildings. ASHRAE 462-RP Final Report. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/4km240x7>.*
- Quadros, B. M. (2016). *Ventilação natural para o conforto térmico e renovação do ar em ambientes de enfermaria hospitalar. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina*
- – Florianópolis – SC.
- Windfinder. Disponível em:  
[https://www.windfinder.com/windstatistics/barra\\_da\\_tijuca\\_rio\\_de\\_janeiro](https://www.windfinder.com/windstatistics/barra_da_tijuca_rio_de_janeiro).
- Who, Organização Mundial Da Saúde. (2009). *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings. Switzerland. Disponível em:  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/natural\\_ventilation.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation.pdf).*

- **AGRADECIMENTOS**

- Este trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.



# AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA RODOVIA LAGOA-BARRA NO CONJUNTO HABITACIONAL MARQUÊS DE SÃO VICENTE, BAIRRO GÁVEA, RIO DE JANEIRO

Guilherme Coutinho Fagerlande ([guilhermefagerlande@gmail.com](mailto:guilhermefagerlande@gmail.com)); Victória de Seixas da Cunha ([cunha.victoria@gmail.com](mailto:cunha.victoria@gmail.com)); Maria Lygia Niemeyer ([dobaruhooproarq@gmail.com](mailto:dobaruhooproarq@gmail.com)); Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos ([leopoldobastos@gmail.com](mailto:leopoldobastos@gmail.com))

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil

**Palavras chave:** Ruído de tráfego, Conjunto Habitacional Marquês de São Vicente, Mapa de ruído, Simulação acústica, Affonso Eduardo Reidy

*O Conjunto Habitacional Marquês de São Vicente, projetado em 1952 no bairro da Gávea, Rio de Janeiro, fazia parte do projeto de um grande complexo criado pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy. Do extenso programa, contendo edifícios de apartamentos e equipamentos sociais complementares, apenas o edifício principal de forma sinuosa foi construído. Em 1982 foi implantada a autoestrada Lagoa-Barra, passando por dentro desse edifício residencial e suprimindo 15 apartamentos. Este novo traçado de via ficou em desacordo com o projeto original, causando diversos transtornos para os moradores, principalmente pelo ruído e pela poluição atmosférica gerada pelos veículos. O objetivo deste trabalho é analisar o impacto do ruído no edifício, através de mapas de ruído obtidos por medições e simulações acústicas. Os resultados mostram que as condições atuais de ruído encontram-se em nível acima dos níveis de conforto estabelecidos pela norma brasileira, e que o mapa de ruído é uma ferramenta importante no processo de projeto urbano e arquitetônico como forma de mitigar este problema.*

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Conjunto Marquês de São Vicente – Obra de A. E. Reidy

A habitação coletiva foi um dos temas fundamentais na produção dos arquitetos e urbanistas durante o Movimento Moderno Brasileiro e os edifícios de habitação coletiva tornaram-se elementos representativos na formação da paisagem dos centros urbanos. O arquiteto Affonso Eduardo Reidy dedicou grande parte de sua carreira para projetar edifícios públicos. Sua forte sensibilidade social ficou marcada nos conjuntos residenciais do Pedregulho e da Gávea, quando fazia parte do Departamento de Habitação Popular da Prefeitura do Distrito Federal. O Conjunto Residencial Marquês de São Vicente (figura 1), projetado em 1952 no sopé do morro Dois Irmãos, na Gávea, zona sul da cidade do Rio de Janeiro (BRUAND, 2010), previa em seu projeto original, um complexo de 748 apartamentos de diferentes tipologias com edifícios auxiliares para abrigar equipamentos urbanos tais como: creche, escola, playground, igreja, mercado, lavanderia, posto de saúde, auditório ao ar livre, quadras de esporte, administração e serviço social. O edifício de apartamentos possui uma forma que acompanha a sinuosidade e declive do terreno, com 250 metros de extensão no qual são dispostos apartamentos simples ou duplex (CAVALCANTI, 2001).

BRUAND (2010) comenta que com o precoce falecimento de Reidy em 1964, o conjunto foi parcialmente construído, não atingindo o êxito no qual o projeto inicial pretendia. Em 1967 o trabalho de construção foi entregue com apenas o edifício sinuoso sendo finalizado dentre o extenso programa, que previa equipamentos sociais complementares. O acabamento e a

aplicação sistemática de uma pintura bege, extremamente mal escolhida, bastaram para acabar com as qualidades potenciais do edifício. Tal feito causou decepção a muitos que puderam acompanhar o projeto desde sua fase de concepção.

Reidy foi vítima de suas tentativas de arquitetura social num país onde não podia contar, para isso, nem com o apoio decidido das autoridades, nem com o interesse do setor privado. Mas o pior é que ele foi perseguido praticamente sem cessar pelo azar, qualquer que fosse o programa a ser tratado: não pôde ver terminada nenhuma das grandes realizações que lhe foram confiadas; todas permaneceram paradas durante anos por falta de fundos, mesmo quando se tratava de obras de caráter essencialmente representativo. (BRUAND, 2010, pg. 233)



Figura 1. Conjunto Habitacional Marquês de São Vicente.

No projeto original era prevista a ligação em túnel do bairro do Leblon à antiga Praia da Gávea, hoje São Conrado, cujo traçado não foi obedecido quando em 1982 foi implantada a autoestrada Lagoa-Barra, resultando na supressão de 15 apartamentos nos dois primeiros pavimentos do conjunto (CAVALCANTI, 2001).

O equipamento para ligação viária Lagoa-Barra seria através de um túnel sob o Morro Dois Irmãos, cuja construção já havia sido iniciada, mas não foi concluída. Essa avenida cortaria o terreno do conjunto residencial com rebaixamento de pistas destinadas ao tráfego que passaria em nível inferior à passagem de pedestres e estabeleceria uma ligação entre as duas partes do conjunto. O projeto previa absoluta separação entre as circulações de veículo e de pedestres, fazendo com que a avenida pertencesse ao projeto, porém de outra forma e com outro traçado, diferentemente do atual.

Outro fator determinante na mudança do traçado foi o posicionamento da própria Universidade Católica do Rio de Janeiro. Através de sua administração central, do conjunto de professores, das representações estudantis e de funcionários, defenderam o quanto puderam a mudança, com o argumento de que uma autoestrada passando no meio do campus afetaria profundamente o cotidiano da universidade. Neves et al. (2010) comenta que a ideia da passagem da autoestrada Lagoa-Barra pelo meio do campus causava temor e preocupação por parte daqueles que conviviam na faculdade, pois segundo ela, dificultaria a circulação de alunos, professores e funcionários, além da possível interferência que o trânsito causaria sobre os instrumentos sensíveis dos laboratórios de pesquisa. O campo íntegro era visto como uma condição necessária para as atividades de ensino e pesquisa. Portanto, com a articulação política e confiante do significado acadêmico e científico para a cidade e o país, a universidade conseguiu modificar o projeto original.

Em entrevista no filme Reidy (2009), Carmen Portinho, esposa e engenheira que trabalhou com Reidy durante anos, relata que na época em que houve a mudança de traçado da Avenida Lagoa-Barra, os profissionais que estavam no Departamento de Habitação Popular da Prefeitura do Rio de Janeiro não tinham a mínima ligação com o projeto original. Ela diz

que “o que fizeram foi um crime”. Sendo pessoas de baixa renda, ninguém tinha interesse de atender as necessidades daquelas pessoas que ali moravam. Como Reidy já havia falecido, e ela já havia se aposentado, os funcionários da Prefeitura fizeram o que acharam ser o mais conveniente, para benefício dos maiores interessados, a PUC. Resolveram então cortar uma parte do edifício e passar o túnel no lugar de algumas unidades residenciais.

## **1.2. O ruído urbano causado pelo tráfego de veículos**

O ruído pode causar perdas de audição, prejuízo ao sono, doenças cardiovasculares, efeitos neuropsíquicos, estresse, irritabilidade, interferências na comunicação verbal, no repouso e no próprio lazer. Segundo a Organização Mundial da saúde, podem ser considerados toleráveis os ruídos com até 50 dB, causando desconforto os ruídos acima de 55 dB. Já os ruídos com níveis a partir de 70 dB favorecem o aparecimento de certas doenças, dependendo do tempo de exposição e da suscetibilidade de cada pessoa (GUEDES et al, 2014).

De acordo com NIEMEYER e CORTÊS (2012), os túneis e viadutos podem ser uma solução para problemas de mobilidade urbana, mas se não houver uma avaliação cuidadosa do impacto ambiental, podem causar graves prejuízos, como bloqueio visual, interferência na insolação e ventilação, exposição de fachadas ao calor, e poluição sonora e atmosférica por automóveis. Estas autoras ainda exemplificam a solução adotada para a autoestrada Lagoa-Barra que atravessa o Conjunto Residencial Marquês de São Vicente como uma lesão irreversível ao projeto de Reidy.

Na União Europeia, o mapa de ruído é exigido para cidades com população maior que 250.000 habitantes e para implantação de estruturas de tráfego de grande porte, conforme a Diretiva 2002/49/EC. No Brasil a cartografia sonora ainda não é exigida em lei federal, apesar de já haver alguns profissionais capacitados e pesquisas universitárias elaborando mapas de ruído (NIEMEYER E CORTÊS).

Estudos de Impacto Ambiental e de Vizinhança são exigidos para novos empreendimentos potencialmente nocivos ao meio ambiente, mas não definem metodologias para avaliação de impacto sonoro. A Norma Brasileira 10151 (2000) estabelece critérios para avaliação do ruído ambiental no Brasil para atividades em funcionamento, mas não faz exigências para avaliação prévia de ruído, nem mesmo para construções viárias de grande porte, como rodovias ou viadutos (NIEMEYER E CORTÊS).

MORAES *et al* (2018) citam a importância do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) como forma de combate ao ruído ambiental. Citam também alguns programas relevantes para o controle do ruído, como o Programa Silêncio, o Programa de Etiquetagem de Eletrodomésticos, o programa de Homologação dos Veículos, e o de Certificação de Brinquedos, que incentivaram a elaboração de novas normas e a criação de novos laboratórios de acústica e calibração no Brasil. Estes autores escrevem ainda o aumento de formações e publicações na área de acústica no Brasil nos últimos quinze anos.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo tem por objetivo avaliar o impacto da Rodovia Lagoa-Barra sobre o Conjunto Habitacional Marquês de São Vicente, localizado no Bairro da Gávea, Zona Sul da Cidade do Rio De Janeiro através de simulação computacional (mapa de ruído).

## **3. METODOLOGIA**

Para este trabalho foram feitas medições acústicas e posteriormente foi elaborado o mapa de ruído da área de estudo. Como parâmetro para avaliação foram adotados os limites de níveis de pressão sonora equivalente em dB(A) estabelecidos pela NBR 10151 (2000).



### 3.1. Medições

As medições foram realizadas seguindo as instruções da NBR 10151 (2000), com o medidor Instrutemp ITDEC-4080, Classe 2. Para transferência das informações do medidor para gráficos e resultados, foi utilizado o software SLMM. O período de cada medição é de 5min, no modo *slow* do medidor.

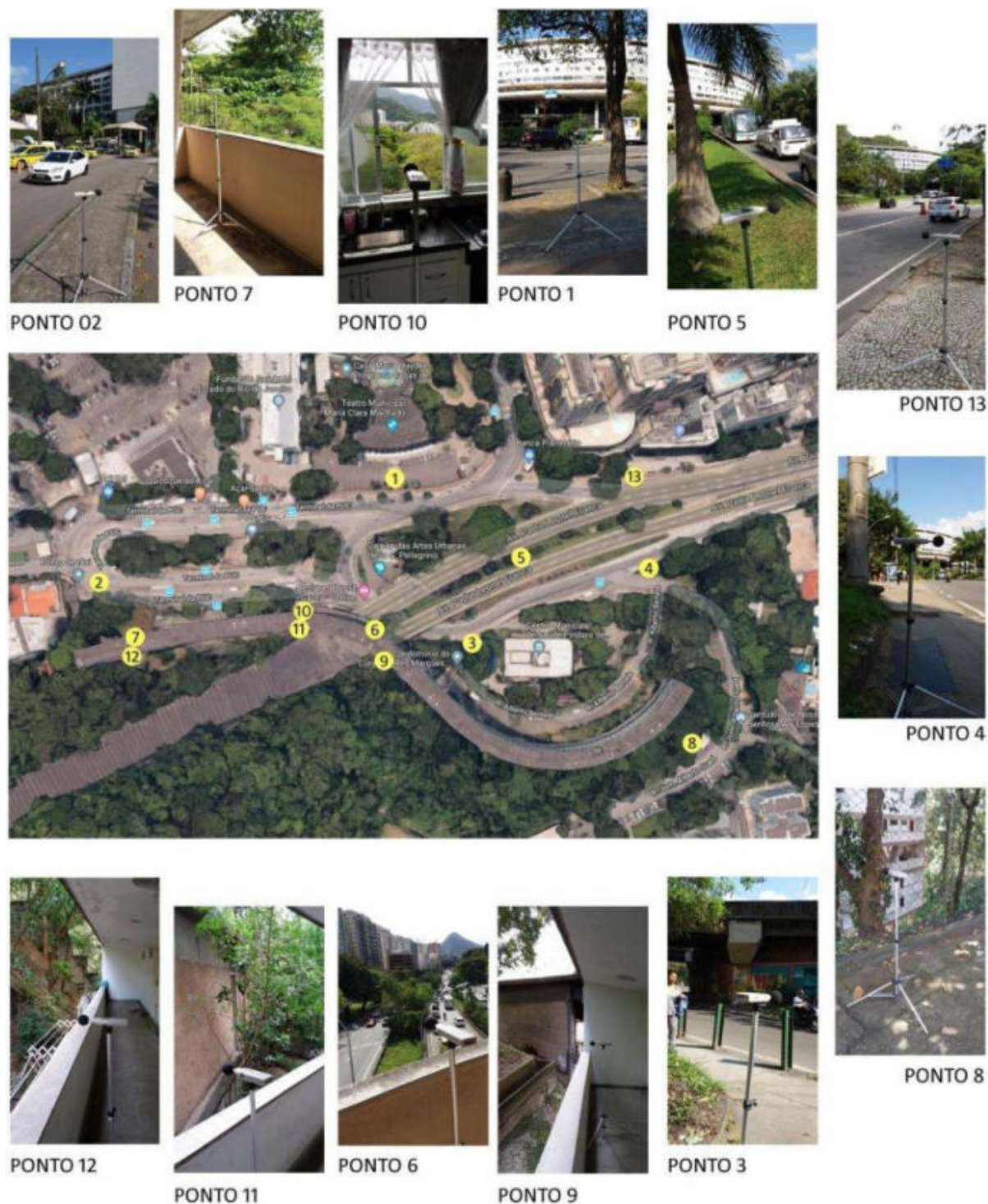


Figura 2. Pontos de medição.

As medições foram realizadas no dia 13/09/2018, no horário entre 08h30min e 12h30min, nos seguintes pontos: (1) Av. Padre Leonel Franca em frente ao Planetário; (2) Entre a Pontifícia Universidade Católica e terminal de ônibus; (3) Em frente ao Centro Municipal de Saúde Píndaro de Carvalho Rodrigues próximo ao viaduto; (4) Av. Padre Leonel Franca esquina com a Rua Alberto Bertele; (5) Canteiro central na Av. Leonel Franca próximo ao

túnel; (6) Pilotis da circulação do Conjunto Habitacional sobre o túnel; (7) Pilotis da circulação do conjunto em frente ao terminal de ônibus; (8) Estacionamento nos fundos do conjunto; (9) Circulação inferior do conjunto próximo ao túnel, lado leste; (10) Janela do apartamento 246, de frente, entre o terminal de ônibus e o túnel; (11) Circulação inferior do conjunto próximo ao túnel, lado oeste; (12) Circulação inferior do conjunto na extremidade oeste; (13) Av. Padre Leonel Franca em frente ao n° 182. A figura 2 representa os pontos de medição no mapa.

### **3.2. Simulação computacional para o mapa de ruído**

A metodologia utilizada para a elaboração do mapa de ruído seguiu as etapas descritas por Fagerlande *et al* (2018), com alguns ajustes:

1) Primeiramente foi selecionada a área de trabalho através de mapa (no caso foi utilizado o arquivo no *software Autocad* da Prefeitura do Rio de Janeiro); 2) Em seguida foram selecionadas as camadas relevantes para o trabalho (curvas de nível, edificações, eixos de ruas, limites); 3) Os edifícios foram separados em camadas por número de pavimentos; 4) O arquivo em formato *dxf (Autocad)* foi exportado para o *software Soundplan*, sendo que as camadas de curvas de nível foram importadas como terreno, as camadas de edifícios como áreas de edifícios, e os eixos de vias como fontes de emissão de ruído linear. As quantidades de veículos que passam nas ruas por períodos de tempo foram inseridas de acordo com as informações obtidas na tabela de fluxo veicular médio diário da CET – RIO; 5) Foi feita a calibração do ruído medido com o ruído do modelo no *software Soundplan*, através da inserção no programa de receptores nos mesmos pontos onde foram feitas as medições.

#### **3.2.1. Mapa da área de trabalho**

Para a elaboração da base cartográfica da área foi utilizada a planta no formato *dwg (Autocad)* da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, onde foi feito um recorte da área.

#### **3.2.2. Seleção de camadas e gabarito dos edifícios**

Foram selecionadas as camadas (*layers*) de edificações, eixos de vias, curvas de nível e calçadas. Os autores separaram no *software Autocad* as camadas referentes ao gabarito para cada edificação (de 1 a 16 pavimentos). Também foram definidas pelos autores as áreas com os limites de cálculo da simulação, e de representação da simulação.

#### **3.2.3. Exportação do Autocad para o Soundplan**

Em seguida este arquivo em formato *dxf* foi exportado para o *software Soundplan*, com as camadas mencionadas. As vias foram separadas em quatro tipos, de acordo com a classificação do Anexo III do site do Sistema Viário do Rio de Janeiro (Secretaria Municipal de Trânsito): vias estruturais não expressas (Av. Padre Leonel Franca), vias arteriais secundárias (exemplos: Rua Marquês de São Vicente, Av. Visconde de Albuquerque), vias coletoras (exemplos: Rua Vice-governador Rubens Berardo e Rua Professor Manuel Ferreira) e vias locais (exemplos: Rua Alberto Bertele e Rua Jornalista Alberto Sued). Foram inseridas informações de cada via no *software Soundplan*, como material de revestimento (asfalto liso), porcentagem de veículos leves por hora de dia e de noite, porcentagem de veículos pesados por hora de dia e de noite, e velocidade de veículos leves e pesados.

No site da CET-RIO foram encontrados dados de fluxo de veículos para as seguintes vias: Av. Padre Leonel Franca, Rua Mario Ribeiro, Rua Visconde de Albuquerque, conforme informações encontradas no site da CET-RIO. Para as demais vias foram lançadas as quantidades proporcionais à hierarquia encontrada no Anexo III da Prefeitura do RJ. A figura 3 apresenta as vias nas situações de projeto e executado, sendo à esquerda a situação de projeto e na direita a situação existente. Nesta imagem pode ser observado que na situação existente, à direita, o fluxo de veículos passa pelo Conjunto Marquês de São Vicente e pelo



túnel com a linha tracejada.

A figura 4 apresenta o modelo tridimensional final no *software Soundplan*.



Figura 3. Hierarquia de vias do projetado e do executado.

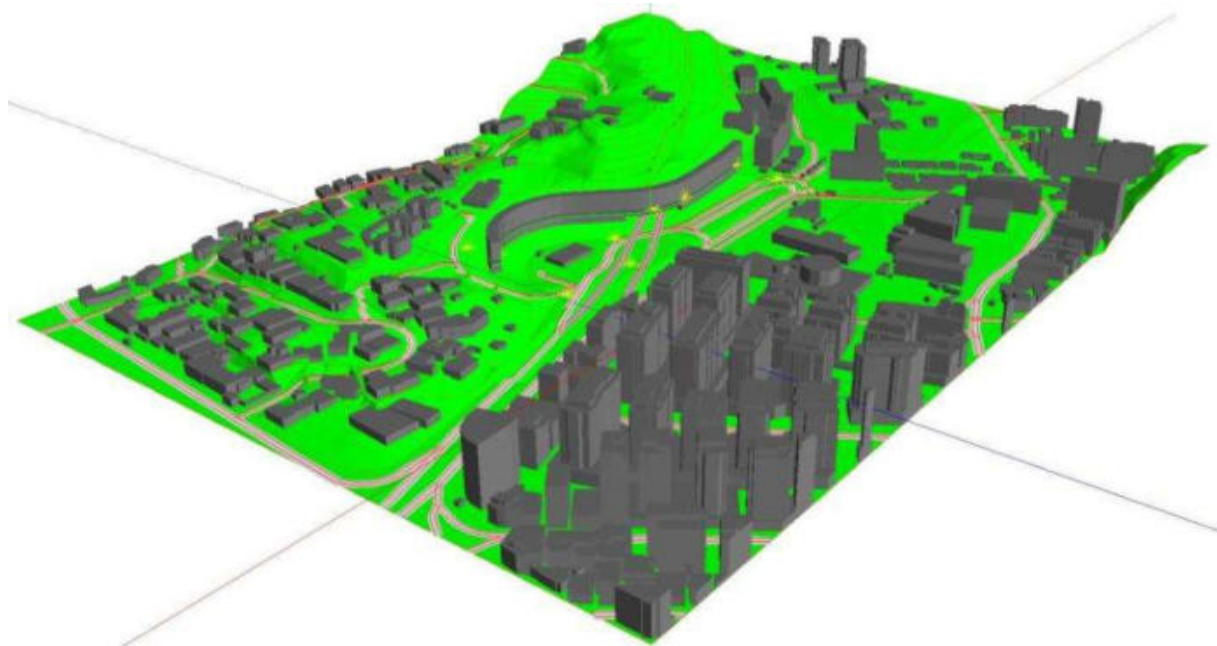


Figura 4. Modelo tridimensional final no *software Soundplan*.

#### 3.2.4. Calibração do modelo

Para validar o modelo feito no *Soundplan*, foi inserido um receptor em cada um dos 13 pontos medidos. Foram feitas diversas simulações de pontos isolados, adaptando a velocidade e quantidade de veículos, de modo a encontrar nos receptores os valores reais medidos no local.

O grid de cálculo utilizado no *Soundplan* foi de 5m em 5m, com 3 reflexões calculadas para cada raio sonoro emitido.

De acordo com SOUZA et al (2014), a diferença do  $L_{Aeq}$  encontrada entre os pontos medidos e simulados não deve ser maior que 2 dB(A) para mais ou para menos, mantendo-se a coerência média final de valores em 80% do total de medições.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para comparação à NBR 10151, foi utilizado o valor determinado pela norma de 50 dB(A) para área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas, pois a área de estudo delimitada engloba o Centro Municipal de Saúde Píndaro de Carvalho Rodrigues, e a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

A Tabela 1 apresenta a tabela com os resultados:

- Número dos pontos de medição e simulação;
- Valor  $L_{Aeq}$  medido em cada ponto, em dB(A);
- Nível de Pressão Sonora máximo medido em cada ponto, em dB;
- Valor encontrado nos receptores no software Soundplan em cada ponto, em dB(A);
- Diferença encontrada entre o valor medido e valor encontrado no receptor para cada ponto, em dB(A);
- Valor máximo  $L_{Aeq}$  exigido pela NBR 10151 para a área de estudo, em dB(A);
- Diferença do valor medido e do valor exigido pela NBR 10151, em dB(A);

Tabela 1. Tabela de resultados de medições e simulações.

PONTO	VALOR MEDIDO EM dB(A)	NPS MÁXIMO MEDIDO EM dB	RECEPTORES SOUNDPLAN EM dB(A)	DIFERENÇA MEDIDO E SIMULADO EM dB(A)	NBR 10151 EM dB(A)	DIFERENÇA MEDIÇÕES E NORMA EM dB(A)
1	72,1	90,1	72,0	0,1	50,0	22,0
2	68,8	81,5	69,7	-0,9	50,0	19,7
3	71,9	83,8	71,5	0,4	50,0	21,5
4	73,0	92,1	72,5	0,5	50,0	22,5
5	73,0	84,3	73,3	-0,3	50,0	23,3
6	72,3	82,0	74,0	-1,7	50,0	24,0
7	65,8	72,3	65,4	0,4	50,0	15,4
8	53,3	60,9	53,1	0,2	50,0	3,1
9	63,9	68,6	63,7	0,2	50,0	13,7
10	61,8	72,0	67,8	-6,0	50,0	17,8
11	68,7	76,7	68,3	0,4	50,0	18,3
12	57,9	67,9	57,9	0,0	50,0	7,9
13	76,0	88,0	76,2	-0,2	50,0	26,2

A figura 5 apresenta o gráfico de resultados, com os valores  $L_{Aeq}$  em dB(A) medidos em azul, os valores em dB(A) simulados em vermelho, e os valores em dB(A) exigidos pela norma em verde, para cada um dos 13 pontos.

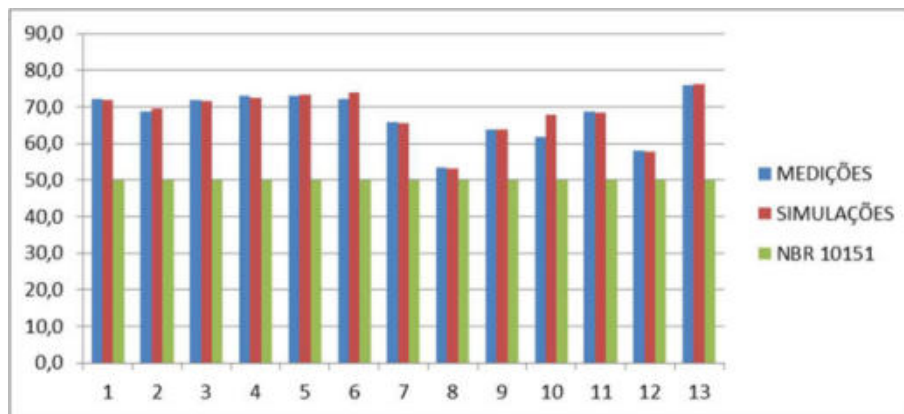


Figura 5. Gráfico de resultados.

A figura 6 apresenta o mapa de ruído em planta obtido no *Soundplan* para a área de estudo, e a figura 7 apresenta o mapa de ruído em cortes, com os cortes A e B, obtidos no *Soundplan*.

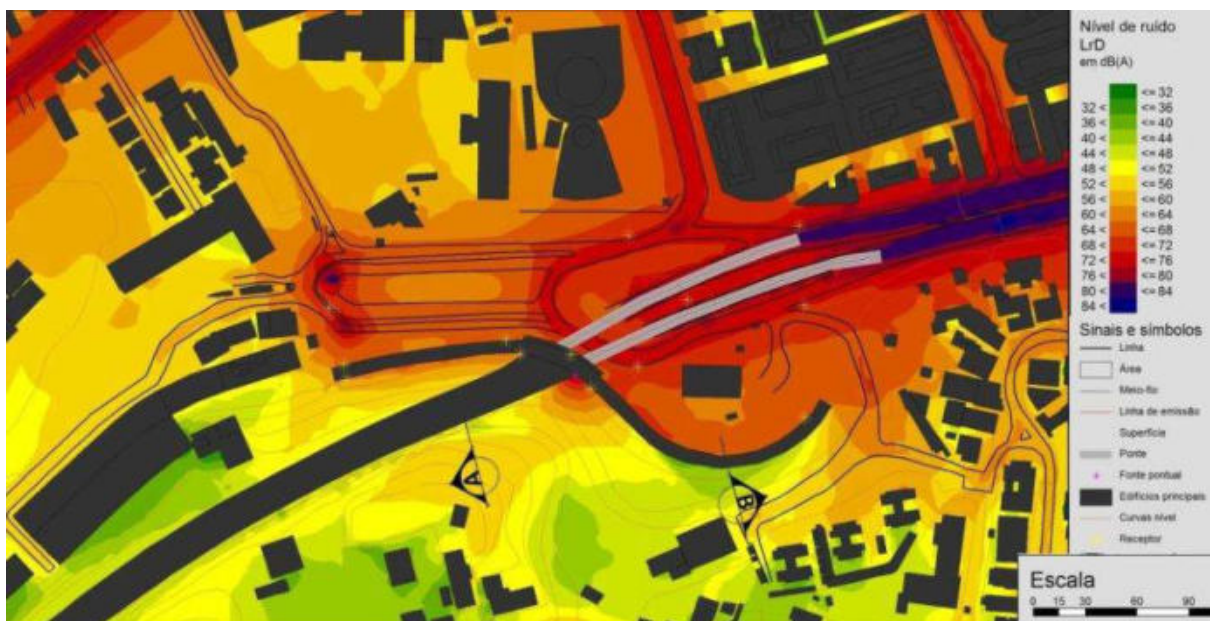


Figura 6. Mapa de ruído em planta.

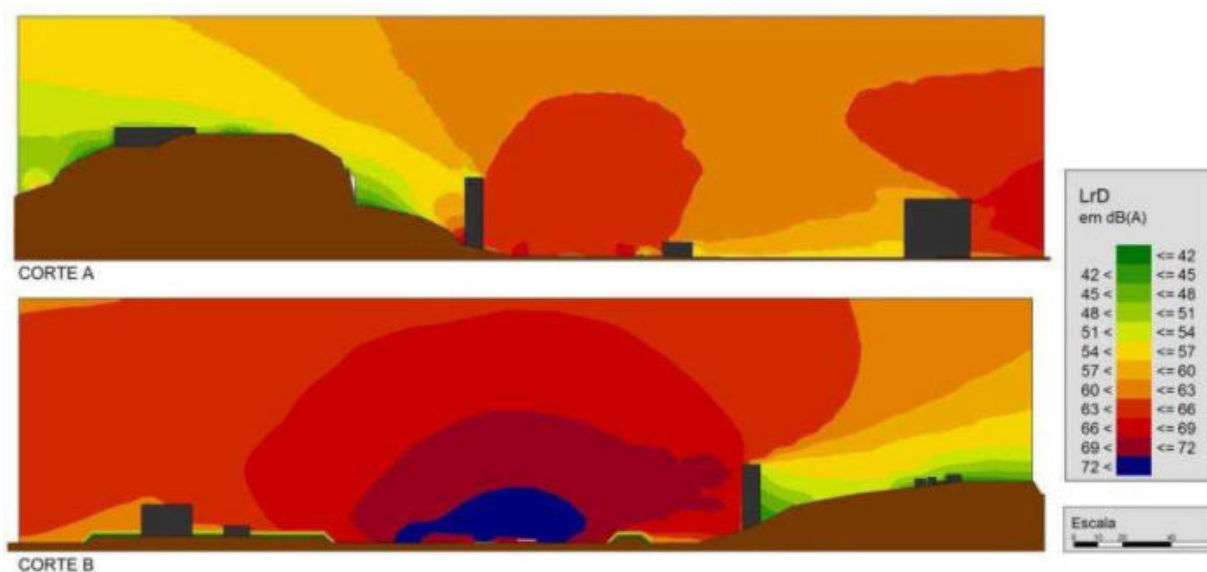


Figura 7. Mapa de ruído nos cortes A e B



O ponto com maior Nível de Pressão Sonora Equivalente encontrado nas medições foi o ponto 13, na Av. Padre Leonel Franca em frente ao número 182, com valor de 76,2 dB(A), ultrapassando o valor máximo estabelecido pela norma em 26,2 dB(A).

Os pontos 4 e 5 na Av. Padre Leonel Franca também tiveram elevado valor  $L_{Aeq}$ , devido à proximidade dos veículos, com 72,5 e 73,3 dB(A) respectivamente, superando o limite da norma em aproximadamente 23 dB(A).

Os outros pontos com alto valor de  $L_{Aeq}$  medido foram os pontos 1 com 72,0 dB(A), ponto 3 com 71,5 dB(A), e ponto 6 com 72,3 dB(A). O ponto 3, em frente ao Centro Municipal de Saúde Píndaro de Carvalho Rodrigues, ultrapassou o limite da NBR 10151 em 21,5 dB(A), portanto é crítica a situação de ruído para esta área hospitalar.

O maior nível de pressão sonora em dB encontrado foi no ponto 4, na Av. Padre Leonel Franca próximo ao acesso do Conjunto, apresentando 92,1dB.

O ponto com menor  $L_{Aeq}$  encontrado nas medições foi o ponto 8, no estacionamento nos fundos do terreno do edifício de estudo, com valor de 53,3 dB(A), muito próximo do valor máximo estabelecido pela norma, mas ainda superando o limite em 3,3 dB(A).

O ponto 10 foi medido com 61,8 dB(A) e simulado com 67,8 dB(A). Esta diferença pode ser validada pelo motivo da medição ter sido dentro do apartamento, e na simulação o receptor ficou fora da janela.

O túnel possui aberturas próximas aos pontos 9 e 11, portanto no *software Soundplan* foram inseridas duas fontes pontuais, nestas duas aberturas laterais do túnel, com emissão sonora calibrada para o valor medido em cada ponto. A abertura ao lado do ponto 9 é maior, porém a fonte de ruído é mais distante. Já a abertura do ponto 11 é menor, porém a distância deste ponto até a fonte é menor.

No corte A pode ser observado que o ruído é menor na fachada do Conjunto Marquês de São Vicente, mas ainda atinge em níveis acima do definido pela norma. Pode ser observado também que a topografia protege a edificação que está do outro lado do morro. A poluição sonora próxima à Rua Marquês de São Vicente neste corte apresenta-se maior que no trecho do conjunto habitacional.

No corte B pode ser observado que os níveis de ruído provocados pelo tráfego na via expressa são muito intensos, e próximos à área hospitalar. Neste corte pode ser observado que o Conjunto Marquês de São Vicente funciona como uma barreira acústica para os edifícios que estão atrás dele em relação à via expressa, reduzindo em grande parte o ruído para estas construções.

O trecho da Av. Padre Leonel Franca possui os maiores valores  $L_{Aeq}$  encontrados no mapa, atingindo em alguns pontos 84 dB(A), devido à quantidade de veículos, à velocidade dos mesmos, e ao fato da configuração urbana neste local ter edificações mais próximas dos dois lados da via, aumentando a reverberação do ruído.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto através do mapa de ruído neste trabalho, os níveis de poluição sonora na área ao redor do Conjunto Habitacional Marquês de São Vicente são muito elevados, prejudicando muito a qualidade de vida dos moradores, principalmente devido ao ruído do tráfego. Fica evidenciado neste artigo que as políticas públicas devem ser pensadas também para as pessoas de menor poder econômico.

As simulações acústicas mostram-se como ferramenta imprescindível no auxílio em projetos urbanos onde existam vias ou túneis que possam gerar ruído intenso para pessoas que morem ou trabalhem na região. Desta forma, este trabalho explicita o uso da ferramenta

como um meio de evitar danos à saúde da população, devido ao ruído urbano, e também como uma maneira de evitar gastos para readequação do que já foi construído.

O procedimento descrito na NBR 10151 (2000) utilizado neste trabalho fornece os critérios de avaliação de ruído para atividades operacionais. A atual legislação ambiental brasileira carece de parâmetros de avaliação mais precisos (que devem ser baseados em particularidades locais), como um efetivo instrumento de gestão ambiental da poluição sonora urbana. Devido aos complexos problemas de planejamento nas áreas urbanas brasileiras, as parcerias entre universidades e prefeituras devem ser mais encorajadas, de modo a divulgar as pesquisas, a desenvolver metodologias de avaliação de impacto ambiental acústico (adaptadas às particularidades regionais), a incluir parâmetros objetivos de avaliação com base na modelagem de cenários futuros, e a potencializar as intervenções dos modificadores do ambiente urbano.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.
- BRUAND, Yves. *Arquitetura Contemporânea no Brasil. Perspectiva*. São Paulo, 2010.
- CÂMARA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Projeto de Lei nº 14/2017: Dispõe sobre a elaboração do mapa de ruído urbano da cidade do Rio de Janeiro e dá outras providências. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<http://mail.camara.rj.gov.br/APL/Legislativos/scpro1720.nsf/249cb321f17965260325775900523a42/e499df4a45978b37832580c2005225d5?OpenDocument>> Acesso em outubro de 2018.
- CAVALCANTI, Lauro. *Guia de Arquitetura 1928-1960. Quando o Brasil era moderno. Aeroplano*. Rio de Janeiro, 2001.
- FAGERLANDE, Guilherme; TORRES, Julio Cesar; NIEMEYER, Maria Lygia. *Avaliação do ruído urbano na Rua Pinheiro Machado e seu entorno, Laranjeiras, Rio de Janeiro. XIV Jornada Urbanere e II Jornada Cires, Congresso Internacional de Sustentabilidade Urbana*. Vitória/Vila Velha, 2018.
- GUEDES, Italo César Montalvão; KOHLER, Raquel; CARVALHO, Rodrigo Machado. *Estudo de impacto do ruído de tráfego veicular em Aracaju (SE), Brasil. XXV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*. Campinas, 2014.
- INAD SP - INTERNATIONAL NOISE AWARENESS DAY – SÃO PAULO. *Mapa de ruído urbano: projeto piloto SP*. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.mapaderuidosp.org.br>>. Acesso em: outubro de 2018.
- LIMA, Álvaro José Rodrigues. *A arquitetura social de Affonso Eduardo Reidy: o Teatro Armando Gonzaga em Marechal Hermes. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 1999*.
- MORAES, Elcione; SANTIAGO, Lícia; PINHEIRO, Nickolas. *Ruído ambiental: panorama da produção científica brasileira nos últimos 15 anos. XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*. Porto Alegre, 2018.
- NEVES, Margarida de Souza; ILG, Silvia; CORDEIRO, Elisabeth Melo. *A construção da autoestrada Lagoa-Barra: Um capítulo da história da PUC-Rio. Núcleo de memória da PUC-Rio*. Rio de Janeiro, 2010.
- NIEMEYER, M. Lygia; CORTÊS, Marina. *Avaliação do incômodo sonoro da Linha Vermelha no bairro de São Cristóvão, Rio de Janeiro. XXIV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*. Belém, 2012.
- PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, Coordenadoria De Macroplanejamento. *Anexo III do Sistema Viário da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em:



- 
- <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4224287/DLFE-272707.pdf/LUOSAnexoIIISistemaViario.pdf>>  
Acesso em outubro de 2018.
  - REIDY, *a construção da utopia*. Direção, roteiro e produção: Ana Maria Magalhães. Petrobras, Espaço de Cinema, Nova Era. 2009. DVD (77min)
  - SOUZA, Danilo Fortuna Mendes de; CARVALHO, Maria Lúcia Araújo Mendes de; BARRETTO, Débora Miranda; VECCI, Marco Antônio de Mendonça. *Mapeamento acústico do bairro Imbuí, Salvador, BA. XXV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. Campinas, 2014.*

# ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES: BARREIRAS E POTENCIALIDADES

Juliana Grillo da Silva Madeira ([julianagrillo.arq@gmail.com](mailto:julianagrillo.arq@gmail.com)); João Luiz Calmon ([calmonbarcelona@gmail.com](mailto:calmonbarcelona@gmail.com)); Edna Aparecida Nico-Rodrigues ([edna.rodrigues@ufes.br](mailto:edna.rodrigues@ufes.br)); Márcia Bissoli Dalvi ([marciabissoli@gmail.com](mailto:marciabissoli@gmail.com))

Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) - Brazil

**Palavras chave:** avaliação do ciclo de vida energético, edificações, desempenho ambiental.

*No ciclo de vida dos edifícios, vários recursos naturais são consumidos, assim como diversos poluentes são lançados no meio ambiente, ocasionando danos ambientais regionais e globais. O uso racional e a busca por fontes alternativas de energia são algumas das iniciativas para a sustentabilidade. Para a identificação dos impactos no cenário energético no Brasil, a avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) se apresenta como uma ferramenta estratégica, principalmente mediante o problema da crise energética enfrentada. Este artigo tem por objetivo identificar estudos de ACVE em edificações, sinalizando suas características, principais resultados e barreiras para o desenvolvimento de pesquisas desta natureza. Assim, este trabalho resume e organiza 47 estudos de ACVE aplicada em edificações, a partir de levantamento em bancos de dados técnicos /científicos e em periódicos indexados no período de 2012 a 2017. Os resultados mostram que a maioria dos estudos abrangem edifícios residenciais e se concentram nos Estados Unidos e identifica o uso e operação como etapa mais crítica pelo consumo energético. Finalmente, verifica-se que a falta de inventários nacionais, de especialistas, de políticas públicas, complexidade e incompatibilidade com programas e certificações são algumas barreiras para a expansão desta ferramenta na construção civil.*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil gera grandes impactos ambientais ao meio ambiente: Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que o setor consome 40% de toda a energia produzida no mundo, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% de resíduos sólidos, consome 25% da água do planeta e ocupa 12% das terras. Além disso, as atividades de construção civil também impactam em 10% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), e estas ocorrem, em grande parte fora do canteiro de obras, seja na fase de extração da matéria prima, na fabricação de produtos ou insumos, no transporte ou na fase de uso e operação das edificações (CTE e CRIATIVE, 2015).

Todos esses impactos não podem ser atribuídos somente às atividades de construção civil, mas também as atividades humanas, que se concentram nas cidades. Em 2006, as áreas urbanas consumiram cerca de 66% da energia produzida no mundo. (CTE e CRIATIVE, 2015). Estimativas da ONU, indicam que se o ritmo de aumento de urbanização prosseguir dessa forma, em 2030, esse percentual será elevado cerca de 80%. Outra estimativa da ONU é que em 35 anos, dois terços da população residirão em zonas urbanas, fator preocupante, visto que hoje, cerca de 3,5 bilhões de pessoas já habitam o espaço urbano. (EBC AGÊNCIA NACIONAL, 2017).

A expansão das áreas urbanizadas provoca uma série de consequências que afetam diretamente a qualidade de vida de sua população, como: elevação nas temperaturas, ventilação insuficiente, gerando as chamadas "ilhas de calor"; aumento da poluição ar; redução de áreas verdes, dentre outros.

Por essas questões, o setor da construção civil tem papel fundamental para realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável, pois tem grande potencial para redução de recursos naturais, reciclagem, reutilização de resíduos e diminuição das emissões de GEE, visando a melhoria do desempenho ambiental dos edifícios.

No Brasil, de acordo com o último censo realizado, verifica-se que 84% dos brasileiros já vive em zonas urbanas (IBGE, 2010). Além disso, frente à crise energética e econômica vivida pelo país, torna-se ainda mais necessário repensar a forma como os projetos são executados, para incluir de forma clara, técnica e economicamente viável as considerações energéticas e ambientais com vistas à redução de insumos, entre eles a energia. (NICOLETTI, 2017)

À medida que a procura por esse modelo construtivo mais sustentável tem aumentado, visando o mínimo de desperdício e o máximo de aproveitamento, novas tecnologias a serviço dessas edificações estão sendo aperfeiçoadas, porém vê-se a necessidade de ferramentas que permitam ao projetista tomada de decisões mais consciente, para identificação desses impactos potenciais nas diversas fases de vida da edificação. Nesse sentido, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), se apresenta como uma ferramenta estratégica na mensuração destes impactos.

Contudo, por ser um estudo de elevada complexidade, a ACV vem sendo substituída por versões simplificadas ou recortes, em que apenas uma categoria é analisada. Os pesquisadores da construção civil aderem usualmente às simplificações da ACV, utilizando a Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO<sub>2</sub> (ACVCO<sub>2</sub>), Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (ACVC), Avaliação do Ciclo de Vida Social (ACVS), entre outros.

Diante do exposto, a principal motivação deste trabalho é examinar a literatura relacionada à avaliação do ciclo de vida energético em edificações, publicados nos últimos 5 anos, por meio de métodos bibliométricos, usando base de dados do portal periódicos CAPES, identificando os principais resultados e barreiras para o desenvolvimento de pesquisas em ACV e ACVE.

## 2. ACV E ACVE

A indústria da construção civil e a produção de edificações consomem energia, recursos naturais (renováveis ou não) e contribuem para o aumento das emissões de GEE. As estratégias para a produção de habitações ambientalmente mais sustentáveis têm sido alternativas cada vez mais aplicadas ao mercado da construção, especialmente por meio de selos de certificação da sustentabilidade, como *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), Selo Casa Azul (Caixa Econômica Federal) e Processo AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental), mas estes sistemas não contemplam a abordagem sistêmica do pensamento do ciclo de vida nos critérios obrigatórios.

Segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2014), a ACV é uma metodologia no qual o produto ou processo é avaliado em todo o seu ciclo de vida. A ACV tem como objetivo identificar e quantificar impactos ambientais, além de promover a geração de parâmetros que permitam a comparação entre bens e serviços similares, sendo definida pela NBR ISO 14040 (ABNT, 2014, p.5) como “a compilação e avaliação das entradas e saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida” e de acordo com a figura 1, composta por 4 fases.

Além disso, de acordo com a ISO 14044 (ISO, 2006), uma ACV pode auxiliar também na identificação de oportunidades para melhoria do desempenho ambiental de produtos em pontos específicos do seu ciclo de vida; no planejamento estratégico para tomada de

decisões tanto na indústria como nas organizações públicas; na seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes; ou como estratégia de marketing.

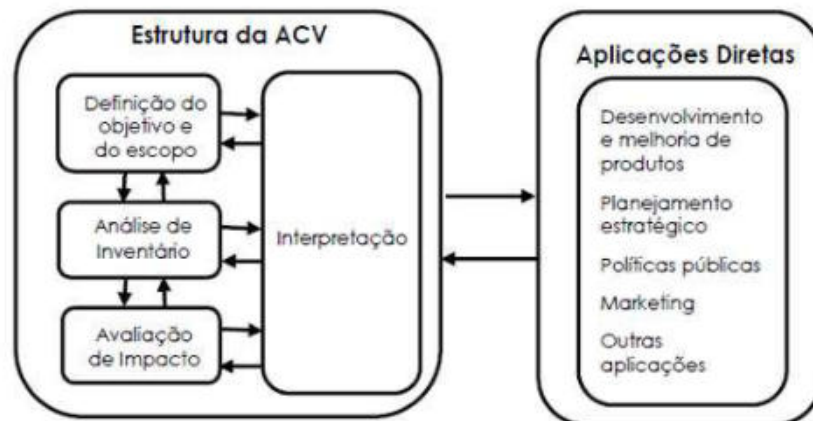


Figura 1. Estrutura de uma ACV. NBR ISO 14040 (ABNT, 2014, p.5)

Em ACV de edificações, vários fatores demandam atenção especial como: vida relativamente longa da edificação, possíveis alterações sofridas ao longo da vida útil, algumas vezes, as edificações têm múltiplas funções ou incorporam muitos componentes, que comumente são produzidos localmente ou integrados a infraestrutura. Isto significa que fazer uma ACV completa de um edifício não é um processo simples como para outros produtos de consumo (BRIBIÁN; USÓN; SCARPELLINI, 2009).

Cabeza et al. (2014) destacam alguns desafios da ACV aplicada à edificações, comparado à ACV aplicada a produtos, dentre eles:

- Cada edificação é construída em sítio diferente, e os impactos dessa localização devem ser considerados (distância de transporte, impactos na vizinhança, dentre outros);
- A complexidade dos processos construtivos e a singularidade de cada edificação;
- Cenário mercadológico incerto;
- As questões ambientais internas de conforto e saúde do usuário também devem ser consideradas.

Buyle, Braet e Audenaert (2013) acrescentam que algumas das dificuldades na elaboração de ACV em edificações incluem o longo ciclo de vida considerado (entre 50 e 100 anos), e consequentemente a imprevisibilidade do comportamento dos componentes da edificação durante esse período. Dessa forma, tendo em vista que os processos construtivos em edificações não são padronizados, a análise do seu ciclo de vida se torna uma tarefa desafiadora.

Em muitos estudos de ACV em edificações, os impactos ambientais estão pautados no consumo energético, seja ele medido por fatores indiretos, a partir da produção dos materiais e que compõem a edificação, ou de forma direta, calculados no período de uso, operação e manutenção. Esses ACVs são conhecidos como análise energética do ciclo de vida ou ACVE (CABEZA et al., 2014).

Segundo Ramesh, Prakash e Shukla (2010) uma ACVE em edificações deve considerar o consumo de energia em 03 fases: manufatura dos materiais de construção, uso e operação da edificação e demolição.

De acordo com a figura 2, Tavares (2006), um dos pioneiros nos estudos de ACVE de edificações no Brasil, traz para a realidade brasileira valores de consumo de energia em todas as etapas do ciclo de vida da edificação, também abordando as mesmas 3 fases.

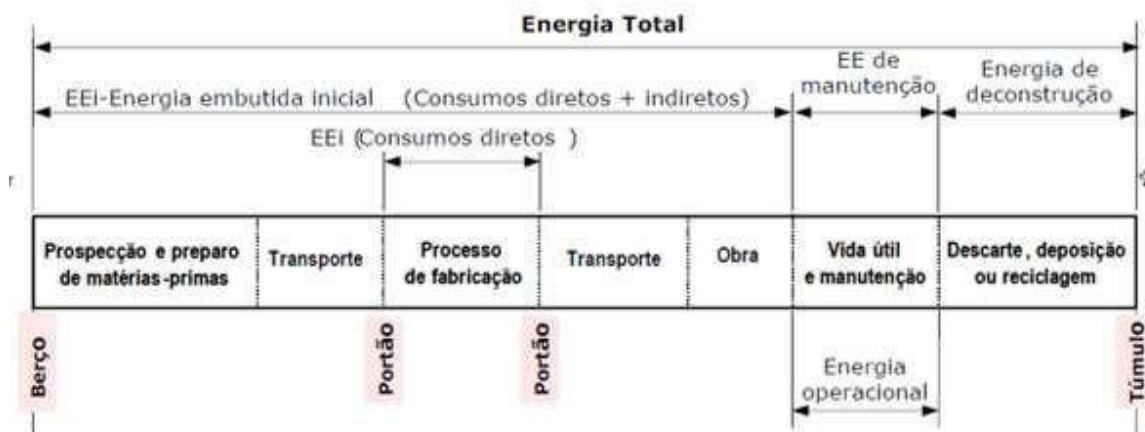


Figura 2. Ciclo de Vida Energético. (Tavares, 2006, p.56)

Na primeira fase, a energia utilizada é denominada de incorporada, ou seja, o somatório de toda a energia utilizada desde a extração do material, passando pelo processo de fabricação, até transporte e montagem no canteiro de obra.

A energia Operacional é aquela necessária na fase de uso e operação da edificação, para manter o conforto do usuário e atender às demandas dos equipamentos instalados. Já a energia de demolição, é a gasta para o desmonte e/ou descarte da edificação.

Diversos estudos apontam que a fase de operação é a que mais consome energia, entre 80% e 90%, (DIXIT, 2017a; CHAU, LEUNG e NG, 2015; ATMACA, 2015; CABEZA et. al., 2014; RAMESH, PRAKASH e SHUKLA, 2010) seguido da energia operacional de 10 a 20% (DIXIT, 2017a; BJORN, HALL e WALL, 2013; RAMESH, PRAKASH E SHUKLA, 2012).

A energia de demolição, em muitos casos, é insignificante ou até mesmo desconsiderada (DIXIT, CULP e FERNANDEZ-SOLIS, 2012; RAMESH, PRAKASH E SHUKLA, 2010).

De acordo com o balanço energético Nacional de 2016, realizado pelo Ministério de Minas e Energia, aproximadamente 50% da energia elétrica produzida no país é consumida pelas edificações residenciais, comerciais e do setor público (BRASIL, 2017). Dessa forma, é fundamental que os novos empreendimentos e os existentes lancem mão de medidas para aumento da eficiência energética, afim de reduzir seus consumos, custos operacionais e impactos ambientais associados.

No Brasil destaca-se como matriz energética as fontes renováveis, provenientes, principalmente, de hidroelétricas. Contudo, mediante a crise hídrica enfrentada pelo país, o cenário energético precisa investir em formas alternativas de concepção de energia, além de atuar na produção de edificações mais eficientes energeticamente e de equipamentos que consumam menos energia.

Diante desse cenário, o objetivo desse artigo é identificar e analisar estudos de ACVE em edificações, através de pesquisa bibliográfica, apontando principais resultados e barreiras para o desenvolvimento de pesquisas nessa área.

### 3. METODOLOGIA

O presente artigo mapeia trabalhos publicados na temática de ACVE aplicada exclusivamente à edificações. Inicialmente a busca foi realizada pelo portal periódicos CAPES (Periódicos CAPES/MEC, 2017), utilizando-se as palavras-chave “life cycle energy” e “buildings”. Na sequência, realizou-se filtros, considerando-se apenas os artigos publicados nos últimos 5 anos, e revisados por pares. Os resultados inicialmente apresentados mostraram artigos também voltados para outros temas sem relação com o objetivo desse estudo, tornando-se necessário realizar novos refinamentos.



Analisando essa nova amostragem, observou-se que 83% dos artigos indexados estavam na base de dados Scopus, de grande abrangência internacional. Sendo assim, optou-se, por redirecionar a busca nesta plataforma, levando-se em consideração, também, a facilidade para obtenção de alguns dados nela presentes e essenciais à bibliometria apresentada neste artigo.

Procedeu-se então, a coleta completa dos artigos e leitura dos respectivos resumos na língua portuguesa ou inglesa. Foram excluídos trabalhos de ACVE de outros assuntos, por exemplo envolvendo os temas “materiais de construção” e “sistemas construtivos”. Foram consideradas as tipologias de edificação residencial, comercial e de serviço, sendo consideradas pesquisas publicadas entre 2012 e 2017.

Após, foi realizada uma seleção dos artigos mais aderentes a proposta deste trabalho, limitando-se a pesquisa pelos tópicos “energy”, “engineering”, considerando-se “articles” e “reviews”. Na sequência, os artigos selecionados foram organizados em ordem cronológica e sintetizados com as seguintes informações: ano publicação, nome do periódico, área temática de abordagem, tipo de estudo, local de realização do estudo, tipo de edificação selecionada, vida útil considerada, fronteira do estudo no ACV e principais resultados apontados. Por fim, também foi realizada análise do periódico, checando sua classificação na plataforma sucupira. (PLATAFORMA SUCUPIRA CAPES, 2017).

#### 4. RESULTADOS

O levantamento das informações na base de dados Scopus, ocorreu durante o mês de novembro de 2017 e os resultados obtidos geraram o quantitativo de 47 artigos. Estes resultados demonstram uma aparente ampliação da preocupação com o tema – análise do ciclo de vida energético – a partir de 2015, como podem também indicar um provável incentivo às pesquisas sobre o assunto (Figura 3).

Percebe-se ainda que em 2015, o número de publicações quase que triplicaram em relação ao ano anterior. Até a data do recorte da pesquisa, afere-se que essa percentagem estava em torno de 20%, porém salienta-se, que do intervalo da pesquisa até o momento podem ter ocorrido novas inclusões.

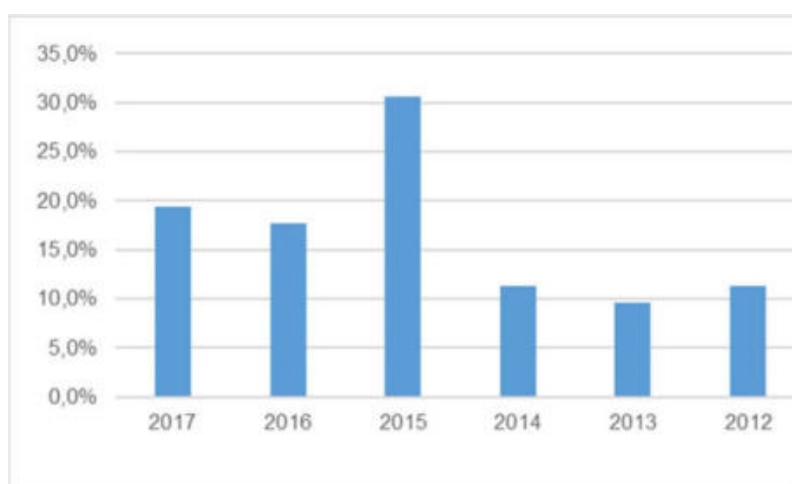


Figura 3. Percentual de publicações por ano. (Autoria Própria)

Dentre os artigos analisados, os países que se destacam em publicações de ACVE (figura 4) são os Estados Unidos da América (EUA), com 27%, seguido da Austrália (19%) e China (15%). O Brasil não aparece no *ranking* de publicações sobre o tema. Contudo, foi encontrado um artigo brasileiro (SILVA e SPOSTO, 2012).

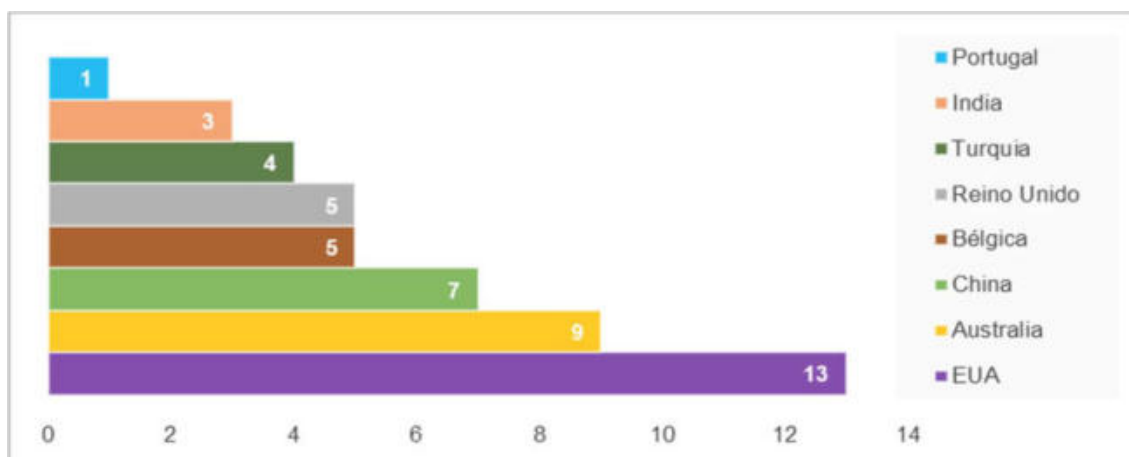


Figura 4. Número de Publicações por País. (Autoria Própria)

Dentre os principais autores publicadores na área, conforme figura 5, estão: os australianos Robert H. Crawford e André Stephan (AYE et. al., 2011; STEPHAN, CROWFORD e MYTTENAERE, 2012; STEPHAN e CROWFORD, 2013; STEPHAN, CROWFORD e MYTTENAERE, 2013; CROWFORD, 2014; CROWFORD et. al., 2016), o americano Manish Kumar Dixit (DIXIT et. al., 2012; DIXIT, CULP e FERNANDEZ-SOLÍS, 2013; DIXIT, 2017a; DIXIT, 2017b) e o turco Nihat Atmaca (ATMACA, A. e ATMACA, N., 2015; ATMACA, A. e ATMACA, N., 2016; ATMACA, N., 2017). Na interpretação da figura 5, é importante destacar que o Crawford, o mais citado, aparece em seis artigos, mas seus coautores não apresentam a mesma frequência de publicação.

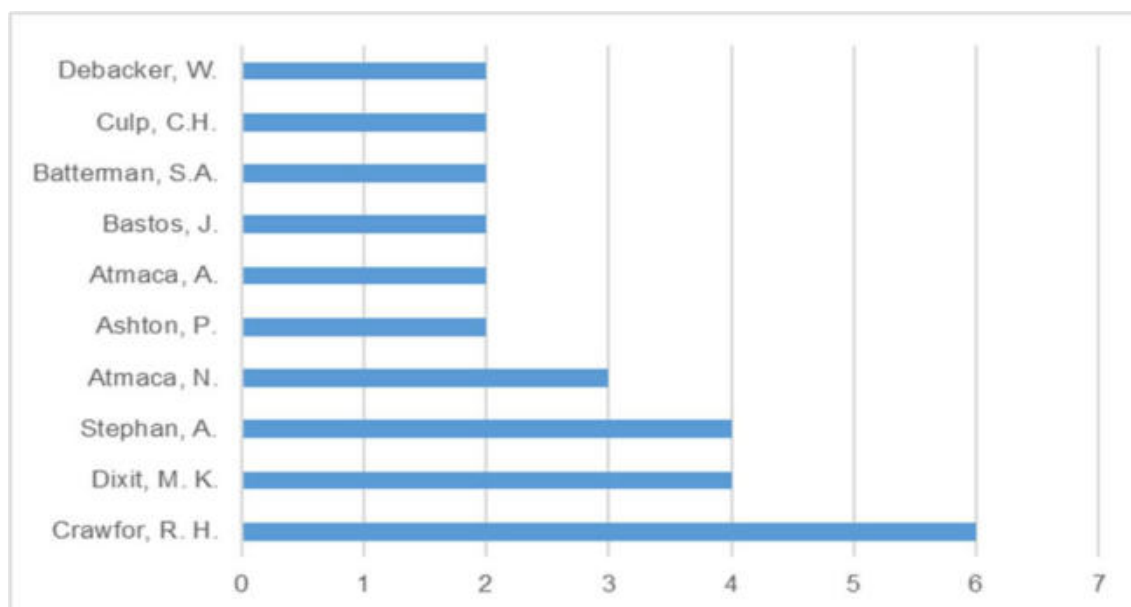


Figura 5. Número de Publicações por Autor. (Autoria Própria)

A classificação das publicações de maior relevância também foi elaborada por meio do maior número de citações que cada artigo recebeu (Quadro 1) no período de 2012 a 2017, revelando sua importância acadêmica e podendo servir de base para outros trabalhos.

Quadro 1. Artigos, Autores e nº de citações por ano. (Autoria Própria)

Artigo	Autor	Ano Publicação	Nº Citações
Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: a review	Luisa F. Cabeza, Lidia Rincon, Virigina Vilarino, Gabriel Perez, Albert Castell	2013	219
Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper	Manish K. Dixit, Jose L. Fernandez-Solis, Sarel Lavy, Charles H. Culp	2012	135
A comprehensive assessment of the life cycle energy demand of passive houses	Stephan, A., Crawford, R.H., de Myttenaere, K.	2013	67
System boundary for embodied energy in buildings: a conceptual model for definition	Dixit, M.K., Culp, C.H., Fernández-Solís, J.L.	2013	57
Towards a More Sustainable Building Stock: Optimizing a Flemish Dwelling Using a Life Cycle Approach	Stephan, A., Crawford, R.H., De Myttenaere, K.	2012	51
China's energy consumption in the building sector: A life cycle approach	Zhang, Y., He, C.-Q., Tang, B.-J., Wei, Y.-M.	2015	33
LCE analysis of buildings – Taking the step towards Net Zero	Berggren, B., Hall, M., Wall, M.	2013	33
Life Cycle energy and greenhouse gas analysis of three buildings types in a residential area in Lisbon	Joana Bastos, Stuart A. Batterman & Fausto Freire	2014	32
A review of life cycle assessment method for building industry	Abd Rashid, A.F., Yusoff, S.	2015	30

Dos artigos coletados, todos encontram-se publicados em 5 revistas. Dentre os periódicos (Figura 6), identificados na pesquisa, destacam-se que todas as revistas, exceto a *Buildings*, estão classificadas como A1, através da plataforma sucupira (PLATAFORMA SUCUPIRA CAPES, 2017)

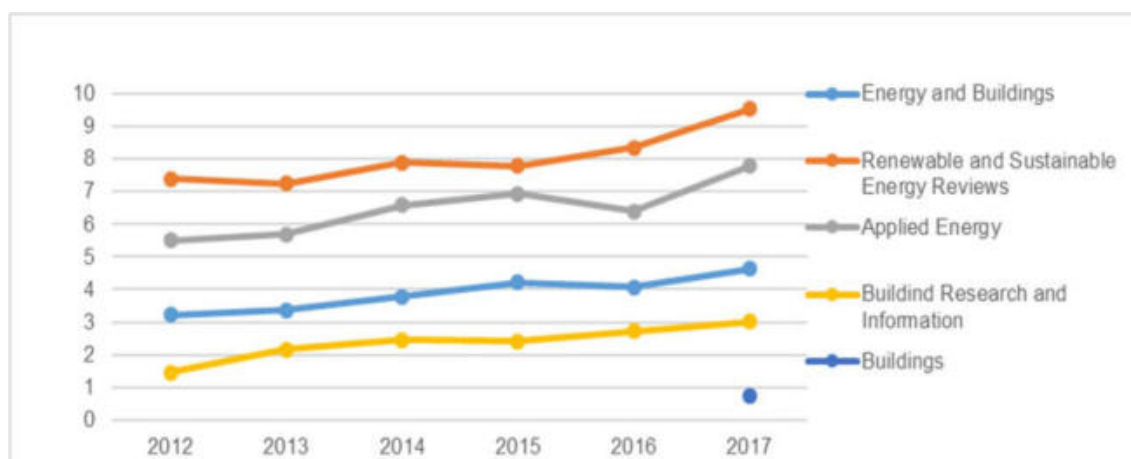


Figura 6 . Periódicos versus média de citações no Scopus. Autoria Própria

Foi verificado também que cerca de 80% são estudos de caso, sendo identificados 9 *reviews* realizados nos últimos 5 anos, porém nenhum destes são pesquisas bibliométricas.

Para a realização de qualquer ACV, faz-se necessário estabelecer uma série de itens fundamentais. Dentre eles destacam-se: fronteira, vida útil considerada, unidade funcional, assim como base de dados (inventário) e *software* utilizado. Percebeu-se que todos os

estudos abordam a fronteira da ACVE realizada, mas nem sempre abordam a unidade funcional e o *software* para as simulações realizadas.

Apesar da grande maioria realizar estudos em tipologias residenciais, a unidade funcional, não segue um padrão, denotando divergências, ora dificultando ou impossibilitando possíveis comparações. Apenas 9% dos casos abordaram outras tipologias arquitetônicas, como edificação histórica (HU, 2017), edifício comercial (POMPONIA et. al., 2015; AZARI, 2014) e museu (GEA et al. 2015).

A vida útil considerada na maioria dos estudos, foi de 50 anos, havendo alguma variação para 75 anos em quatro casos (HU, 2017; BASTOS, BATTERMAN e FREIRE, 2013; RAMESH, PRAKASH e SHUKLA, 2012; RAMESH, PRAKASH e SHUKLA, 2010).

Quando mencionado, o *software* mais utilizado, foi o *energy plus*, de natureza gratuita, sendo observado sua utilização em 5 dos estudos de caso elencados (MACIAS et. al., 2017; MASTRUCCI e RAO, 2017; BOJIC, JOHANNES, ZUZNIK, 2013; RAMESH, PRAKASH e SHUKLA, 2012; RAMESH, PRAKASH e SHUKLA, 2010)

A grande maioria dos estudos aborda a energia incorporada e operacional, nas fases de uso e operação da edificação. A fase de *retrofit*, foi citada apenas por três dos estudos, constituindo uma lacuna para pesquisas futuras.

## 5. BARREIRAS PARA APLICAÇÃO DA ACVE EM EDIFICAÇÕES

Apesar de considerada uma ferramenta estratégica, a ACVE encontra diversas barreiras de aplicação no setor da construção civil e mais especificamente em edificações, como observado nos estudos selecionados.

Dentre as limitações identificadas pode-se citar a falta de bancos de dados em muitos países (DIXIT, 2017a; DIXIT, 2017b; CHAU, LENG e NG, 2015; CABEZA et. al., 2014; BERGGREN, HALL e WALL, 2013; BOURELLE, ANDRESSEN e GISTAVESSEN, 2013), assim como no Brasil, limitando a realização de inventários locais (PAULSEN e SPOSTO, 2012). A grande maioria dos bancos disponíveis trazem informações de processos produtivos internacionais e podem causar distorções se aplicados por outros países, promovendo questionamento de seus resultados.

Os estudos de ACVE em edifícios têm demonstrado grande variabilidade nos resultados, muitas vezes decorrentes da falta de homogeneidade metodológica (CABEZA et al., 2014). Fato igualmente já constatado por Paulsen e Sposto (2012) e Tavares (2006).

Em geral observou-se que, a escassez de especialistas, a falta de incentivos fiscais e de políticas públicas, são outras dificuldades no processo de disseminação da ACVE na construção civil. (DIXIT, 2017; CHAU, LENG e NG, 2015; CABEZA et. al., 2013; RAMESH, PRAKASH e SHUKLA, 2012)

Outras limitações podem ser citadas para aplicação da ACVE em edificações (DIXIT, 2017a; ATMACA, 2015; CHAU, LEUNG e NG, 2015; BOURELLE, ANDRESSON e GISTAVSEN, 2013; PAULSEN e SPOSTO, 2012):

- Complexidade de uso da metodologia;
- Desconhecimento dos profissionais ligados ao setor quanto à devida interpretação dos estudos e aplicação dos resultados;
- Ausência ou escassez de parâmetros ambientais ligados a produção de materiais de construção ou sistemas construtivos;
- Existência de diversas ferramentas e métodos de avaliação que geram resultados diferentes para um mesmo estudo;
- *Softwares* de simulação de ACVE sem interface direta com os programas computacionais usados no setor da construção.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ACV se apresenta como ferramenta estratégica e instrumento reconhecido mundialmente na avaliação do desempenho ambiental de empreendimentos de diversas naturezas, permitindo identificar oportunidades de melhoria do perfil ambiental de edifícios nas diversas fases do ciclo de vida. A ACVE, uma especificidade desta metodologia, assume papel importante nessa avaliação voltada para a eficiência energética das edificações.

Dentre os estudos destacados neste artigo, percebe-se que as pesquisas abrangem em sua maioria edifícios residenciais, seguidos dos comerciais e de serviços, sendo as abordagens prioritariamente ligadas ao conforto e ao consumo energético, identificação das fases mais críticas na geração de impactos e comparação de sistemas estruturais/construtivos, com o propósito de gerar estratégias de melhoria de desempenho ambiental.

Nota-se que a grande maioria não contempla o ciclo de vida completo, sendo que estes estudos realizam recortes em etapas específicas. De uma forma geral, a etapa de uso e operação se revela como a mais impactante, notadamente pelo consumo energético.

A maior parte dos estudos se concentra nos países desenvolvidos, com aplicação de metodologias e inventários locais e priorizando basicamente o consumo energético e emissão de CO<sub>2</sub>. Não foram identificados na América Latina avanços significativos nos estudos de ACVE em edificações, nem de disseminação da metodologia.

Os dados levantados também sinalizam que a falta de padrão metodológico, de inventários nacionais, a escassez de profissionais especializados, a complexidade da metodologia e a interface limitada com os programas computacionais e sistemas de certificação utilizados na construção civil, constituem barreiras para o fortalecimento e consolidação da ACVE como ferramenta de avaliação de desempenho ambiental/energético de edificações.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO nº 14044: Avaliação do Ciclo de Vida Requerimento e Diretrizes. Rio de Janeiro, 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO nº 14040: Avaliação do Ciclo de Vida Princípios e Estruturas. Rio de Janeiro, 2009.
- Atmaca, Nihat. Life-cycle assessment of post-disaster temporary housing. *Building Research & Information*, v. 45, n. 5, p. 524-538, 2017.
- Atmaca, A.; Atmaca, N.. Comparative life cycle energy and cost analysis of post-disaster temporary housings. *Applied Energy*, v. 171, p. 429-443, 2016.
- Atmaca, A.; Atmaca, N. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO<sub>2</sub>A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey. *Energy and Buildings*, v. 102, 2015, p. 417-431.
- Aye, L., Ngo, T.; Crawford, R. H.; Gammampila, R.M. Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules. *Energy And Buildings*, [s.l.], v. 47, p.159-168, abr. 2012. Elsevier BV.
- Azari, R. Integrated energy and environmental life cycle assessment of office building envelopes. *Energy and Buildings*, v. 82, p. 156-162, 2014.
- Bastos, J.; Batterman, S.A.; Freire, F. Significance of mobility in the life-cycle assessment of buildings. *Building Research & Information*, v. 44, n.4, 2015, p. 376-393.
- Bastos, J.; Batterman, Stuart A.; Freire, F.. Life-cycle energy and greenhouse gas analysis of three building types in a residential area in Lisbon. *Energy and buildings*, v. 69, p. 344-353, 2014.
- Berggren, B ; Hall, M.; Wall, M. LCE analysis of buildings – Taking the step towards Net Zero Energy Buildings. *Energy And Buildings*, [s.l.], v. 62, p.381-391, jul. 2013. Elsevier BV.



- Bourrelle, J.; S.; Andresen, I.; Gustavsen, A. *Energy payback: An attributional and environmentally focused approach to energy balance in net zero energy buildings*. *Energy and Buildings*, v. 65, p. 84-92, 2013.
- Bojić, M.; Johannes, K.; Kuznik, F.. *Optimizing energy and environmental performance of passive Trombe wall*. *Energy And Buildings*, [s.l.], v. 70, p.279-286, fev. 2014. Elsevier BV.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia - MME. *O que fazer para tornar mais eficiente o uso de energia elétrica em prédios públicos*. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ENERGIA+op1.pdf> > Acessado em: 18 nov. 2017
- Buyle, M.; Braet, J.; Audenaert, A. *Life cycle assessment in the construction sector: A review*. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 26, p.379-388, out. 2013. Elsevier BV.
- Bribián, I. Z.; Usón, A. A.; Scarpellini, S. *Life cycle assessment in buildings: state-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. *Building and Environment*, v. 44, n. 12, p. 2510-2520, 2009
- Cabeza, L. F.; Rincón. L.; Vilariño V.; Pérez G.; Castell A. *Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 29, p.394-416, jan. 2014. Elsevier BV.
- Chau, C.k.; Leung, T.M.; Ng, W.Y. *A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment and Life Cycle Carbon Emissions Assessment on buildings*. *Applied Energy*, [s.l.], v. 143, p.395-413, abr. 2015. Elsevier BV.
- Crawford, R.H.; Bartak, E.L.; Stephan, A.; Jensen, C.A. *Evaluating the life cycle energy benefits of energy efficiency regulations for buildings*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.63, 2016, p. 435-451.
- Crawford, R. H. *Post-occupancy life cycle energy assessment of a residential building in Australia*. *Architectural Science Review*, v. 57, n. 2, p. 114-124, 2014.
- Cte e Criative. *Sustentabilidade: Tendências na construção 2015*. São Paulo: O Nome da Rosa, 2015
- Devi, P.; Palaniappan, S.. *A case study on life cycle energy use of residential building in Southern India*. *Energy and Buildings*, v. 80, p. 247-259, 2014
- Dixit, M. K. *Embodied energy and cost of building materials: correlation analysis*. *Building Research & Information*, v. 45, n. 5, p. 508-523, 2017a.
- Dixit, M. K. *Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. v.79, 2017b, p. 390-413.
- Dixit, M. K.; Culp, C. H.; Fernández-solís, J. L. *System boundary for embodied energy in buildings: A conceptual model for definition*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 21, p. 153-164, 2013.
- Dixit, M.K.; Fernández-solís, J. L.; Lavy, S.; Culp, C. H. *Need for an embodied energy measurement protocol for buildings: A review paper*. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 16, n. 6, p. 3730-3743, 2012.
- Du, P.; Wood, A.; Stephens, B.; Song, X. *Life-cycle energy implications of downtown high-rise vs. suburban low-rise living: An overview and quantitative case study for Chicago*. *Buildings*, v. 5, n. 3, p. 1003-1024, 2015.
- EBC Agência Brasil. *ONU diz que população mundial chegará a 8,6 bilhões de pessoas em 2030*. Disponível em: < <http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-06/onu-diz-que-populacao-mundial-chegara-86-bilhoes-de-pessoas-em-2030> > Acesso em: 07 jun. 2017
- Ge, J.; Luo, X.; Hu, J.; Chen, S. *Life cycle energy analysis of museum buildings: A case study of museums in Hangzhou*. *Energy and Buildings*, v.109, 2015, p.127-134.
- Geng, S.; Wang, Y.; Zuo, J.; Zhou, Z.; Du, H.; mao, G. *Building life cycle assessment research: A review by bibliometric analysis*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 76, p.176-184, set. 2017. Elsevier BV

- Goggins, J.; Moran, P.; Armstrong, A.; Hajdukiewicz, M. *Lifecycle environmental and economic performance of nearly zeroenergy buildings (NZEB) in Ireland. Energy and Buildings*, v.116, 2016, p. 622-637.
- Himpe, E.; Trappers, L.; Debacker, W.; Delghust, M.; Laverge, J.; Janssens, A.; Moens, J.; Van Holm, M. *Life cycle energy analysis of a zero-energy house. Building Research & Information*, v. 41, n. 4, p. 435-449, 2013.
- Hu, M. *Balance between energy conservation and environmental impact: Life-cycle energy analysis and life-cycle environmental impact analysis, Energy and Buildings*, v.140, 2017, p.131–139.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. *Eficiência energética na Arquitetura*. 3. Ed., 2013.
- Lamnatoua, C.; Baigb, H.; Chemisanaa, D.; Mallick, T. K. *Life cycle energy analysis and embodied carbon of a lineardielectric-based concentrating photovoltaic appropriate forbuilding-integrated applications. Energy and Buildings*, v.107, 2015, p.366-375.
- Loussos, P.; Konstantinou, T.; Dobbelsteen, A.; Bokel, R. *Integrating Life Cycle Energy into the Design of Façade Refurbishment for a Post-War Residential Building in The Netherlands. Buildings*, v. 5, n. 2, p. 622-649, 2015.
- Macias, J.; Iturburu, L.; Rodriguez, C.; Agdas, D.; Boero, A.; Soriano, G. *Embodied and operational energy assessment of different construction methods employed on social interest dwellings in Ecuador. Energy and Buildings*, v.151, 2017, p. 107-120.
- Mandley, S.; Harmsen, R.; Worrell, E. *Identifying the potential for resource and embodied energy savings within the UK building sector. Energy and Buildings*, v. 86, p. 841-851, 2015.
- Mastruccl, A.; Rao, N.D. *Decent housing in the developing world: Reducing life-cycle energy requirements. Energy and Buildings*, v.152, 2017, p.629.
- Nicolettl, A. M. A. *Gestão predial sustentável - Um outro olhar para a redução de custos nas edificações existentes. AEC WEB. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/a/gestao-predial-sustentavel\\_14979](https://www.aecweb.com.br/cont/a/gestao-predial-sustentavel_14979)>. Acesso em: 07 jun. 2017*
- Paulsen, J. S.; Sposto, R. M.. *A life cycle energy analysis of social housing in Brazil: Case study for the program “MY HOUSE MY LIFE”. Energy And Buildings, [s.l.]*, v. 57, p.95-102, fev. 2013. Elsevier BV.
- Periódicos CAPES/MEC. Disponível em: < [http://www-periodicos-capes-gov-br.ez43.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com\\_pmetabusca&mn=70&smn=78&base=find-db-1&type=b&Itemid=121](http://www-periodicos-capes-gov-br.ez43.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca&mn=70&smn=78&base=find-db-1&type=b&Itemid=121) > Acesso em: 07 nov. 2017
- Plataforma Sucupira Capes. Qualis Periódicos. Disponível em: < <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf> > Acesso em: 07 nov. 2017
- Pomponia, F.; A.E.P., Poorang; R., Southallb; Ashtona, P.; Farr, E.R.P. *Life cycle energy and carbon assessment of double skin fac, adesfor office refurbishments. Energy and Buildings*, v.109, 2015, p.143-156.
- Praseeda, K.I.; Reddy, B. V. V.; Mani, M. *Embodied and operational energy of urban residential buildings in India. Energy and Buildings*, v.110, 2016, p. 211-219.
- Ramesh, T.; Prakash, Ravi; Shukla, K.k. *Life cycle energy analysis of buildings: An overview. Energy And Buildings, [s.l.]*, v. 42, n. 10, p.1592-1600, out. 2010.
- Ramesh, T.; Prakash, Ravi; Shukla, K.k.. *Life cycle approach in evaluating energy performance of residential buildings in Indian context. Energy and Buildings, [s.l.]*, v. 54, p.259-265, nov. 2012. Elsevier BV.
- Ramesh, T.; Prakash, Ravi; Shukla, K.k.. *Life cycle energy analysis of a residential building with different envelopes and climates in Indian context. Applied Energy, [s.l.]*, v. 89, n. 1, p.193-202, jan. 2012. Elsevier BV.
- Rashid, A. F. A.; Yusoff, S.. *A review of life cycle assessment method for building industry. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 45, p. 244-248, 2015.
- Stephan, A.; Crawford, R. H.; Myttenaere, K. *A comprehensive assessment of the life cycle energy demand of passive houses. Applied Energy, [s.l.]*, v. 112, p.23-34, dez. 2013. Elsevier BV

- Stephan, A.; Crawford, R. H.; Myttenaere, K. *Towards a comprehensive life cycle energy analysis framework for residential buildings. Energy and Buildings, [s.l.], v. 55, p.592-600, dez. 2012. Elsevier BV.*
- Stephan, A.; Crawford, R. H. *A multi-scale life-cycle energy and greenhouse-gas emissions analysis model for residential buildings. Architectural Science Review, v.57, n. 1, p. 39-48, 2014.*
- Surahman, U.; Kubota, T.; Higashi, O.. *Life Cycle Assessment of Energy and CO2 Emissions for Residential Buildings in Jakarta and Bandung, Indonesia. Buildings, v. 5, n. 4, p. 1131-1155, 2015.*
- Sweeney, J. F.; Pate, M.B.; Choi, W. *Life cycle production and costs of a residential solar hot water and grid-connected photovoltaic system in humid subtropical Texas. Journal of Renewable and Sustainable Energy, v.8, n.5, 2016.*
- Takano, A.; Palb, S. K.; Kuittinen, M.; Alanne, K. *Life cycle energy balance of residential buildings: A case study on hypothetical building models in Finland. 2015. Energy and Buildings, v.105, n.12, 2015, p.154-164.*
- Tavares, S. F. *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. 2006. 225 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Ppgec, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2006.*
- Zhang, Y.; Hea, C.; Tanga, B.; Weia, Y. *China's energy consumption in the building sector: A life cycle approach. Energy and Buildings, v.94, 2015, p.240-251.*
- Yan, C.; Wang, S.; Ma, Z. Shi, W. *A simplified method for optimal design of solar water heating systems based on life-cycle energy analysis. Renewable Energy, v. 74, p. 271-278, 2015.*
- Yik, F. Wh.; Lai, J. Hk; Fong, N.K; Leung, P. Hm; Yuen, P.L. *A case study on the application of air-and water-cooled oil-free chillers to hospitals in Hong Kong. Building Services Engineering Research and Technology, v. 33, n. 3, p. 263-279, 2012.*

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro dado pela FAPES - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo.

# EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ARQUITECTURA HOSPITALARIA EN ESPAÑA RETOS Y POSIBILIDADES

*Flavio Celis (flavio.celis@uah.es); Ernesto Echeverría (ernesto.echeverria@uah.es);  
Fernando da Casa (fernando.casa@uah.es); Pilar Chías (pilar.chias@uah.es); Patricia  
Domínguez (interpatridg@gmail.com)*

Universidad de Alcalá (UAH) - España

**Palabras clave:** hospitales, arquitectura, eficiencia energética.

*Los hospitales representan en la actualidad una de las mayores inversiones de las administraciones públicas, tanto por el coste unitario de inversión como por su coste de mantenimiento a largo plazo. Además, son uno de los indicativos de la calidad de vida y asistencial de un país, lo que trasciende su componente arquitectónica como problema técnico y lo traslada a ámbitos propios de estrategia de desarrollo socio-económico de país. Actualmente, la arquitectura hospitalaria se ha convertido en una especialización muy compleja donde se gestionan múltiples interrelaciones que abarcan desde lo funcional hasta lo icónico y donde las cuestiones de sostenibilidad se han convertido en aspectos ineludibles de su praxis. Sin embargo, una gran parte del parque hospitalario español está constituido por gigantescos complejos construidos en épocas pasadas, donde las cuestiones de eficiencia energética y sostenibilidad no eran tenidas en cuenta. Sus costos de mantenimiento son elevados y su gestión energética ineficiente. El estudio de su problemática, la evaluación de sus pérdidas y la viabilidad de las actuaciones de mejora de su eficiencia, son los principales aspectos desarrollados en la presente ponencia, y forman parte de un estudio más amplio sobre las posibilidades de mejoras en la arquitectura hospitalaria española.*

## 1. INTRODUCCIÓN:

Aunque existían antecedentes de estructuras hospitalarias importantes en la España de principios del siglo XX, como el Hospital Clínico de Madrid (1928), del arquitecto Sánchez Arcas, no es hasta los años '60 cuando se desarrollan las grandes infraestructuras hospitalarias de modo generalizado. A partir de dichos años, los hospitales se convirtieron en una de las políticas estrellas del régimen durante la época del desarrollismo español, coincidiendo con el despegue económico, la masiva migración del campo a la ciudad y la extensión de la cobertura sanitaria a la mayor parte de la población. Poniendo como ejemplo la ciudad de Madrid, en el año 1964 se construyen los hospitales de La Paz y Puerta de Hierro, en el año 1973 el hospital 12 de Octubre y en el año 1977 el Hospital Ramón y Cajal. Desarrollados según la nueva tipología de ciudad hospitalaria, se ubican estratégicamente en la periferia de las ciudades, para dar servicio a cada uno de sus sectores, adscribiendo cada ciudadano a un hospital de referencia cercano a su domicilio (Pieltaín, 2003).

Arquitectónicamente, la tipología de estos hospitales suele estar determinada por un sistema de pabellones interconectados en donde se ubican múltiples usos, desde los ambulatorios hasta los propiamente hospitalarios en sus diversas especialidades, y tienen como referencia las arquitecturas hospitalarias europeas del momento (que a su vez, habían asumido el modelo de hospital norteamericano). Se trata en su mayor parte de edificios que asumen el concepto de modernidad desde su acepción más funcionalista, y que se resuelven mediante cajas o pastillas que, a partir de los núcleos centrales de comunicación, solventan los problemas de distribución mediante un pasillo central que da acceso a las

distintas dependencias, con los espacios más especializados (consultas, diagnóstico, quirófanos) en las plantas bajas, y que resuelven la hospitalización mediante en una repetición tipológica de plantas en altura. Se trata de hospitales con una dotación muy elevada de camas, de entre 800 y 1200, y con superficies (sumando todos los servicios del centro) entorno a las 200.000 m<sup>2</sup>.

A partir de los años '80, los avances tecnológicos que permiten tiempos menores de hospitalización y la importancia que adquiere la medicina preventiva y ambulatoria, hacen que paulatinamente se abandonen los grandes proyectos hospitalarios en favor de una mayor cobertura geográfica proporcionada por unidades ambulatorias y centros de salud primaria. Aún así, se siguen construyendo complejos hospitalarios relevantes, sobre todo en los núcleos urbanos periféricos situados en torno a las grandes urbes (Madrid, Barcelona), de rápido crecimiento demográfico. Un ejemplo es el Hospital Universitario Príncipe de Asturias, en la ciudad de Alcalá de Henares, iniciado en 1981, y que debía dar servicio a todo el corredor Este de Madrid, compuesto por varias ciudades cuya demanda sanitaria colapsaba los grandes hospitales de la capital. En todo caso, estos hospitales ya cuentan con una dotación inferior de camas y menor superficie (en el caso del Príncipe de Asturias, 600 camas y 59.000 m<sup>2</sup>).

A partir del 2000, la descentralización de las competencias sanitarias modifica la política de infraestructuras hospitalarias, donde se opta por desarrollar paralelamente dos vías complementarias. Por una parte, se continúa con la construcción de dotaciones hospitalarias en áreas infradotadas, pero de menor envergadura, hospitales pequeños de un máximo de 300 camas, más eficientes, y por otra parte, se inicia una política de reestructuración integral de los grandes conjuntos hospitalarios, ya muy obsoletos, que implican incluso la demolición total o parcial de alguno de ellos (Hospital Puerta de Hierro en Madrid o Valdecilla en Santander). En todo caso, esta última operación, dada la importancia y el servicio que aún continúan prestando estos grandes hospitales, es una labor compleja y temporalmente muy dilatada, ya que muchas de estas intervenciones tiene que realizarse con la infraestructura en servicio, o esperar a construir nuevas infraestructuras para eliminar las más antiguas (véase por ejemplo el caso de Madrid y la maternidad de O' Donell).

De entre los múltiples problemas que presentan estas arquitecturas obsoletas (instalaciones ineficientes, falta de adecuación a las normativas técnicas y constructivas actuales, falta de adecuación a las normativas de seguridad, evacuación o incendios, mala señalización, habitabilidad deficiente..) uno de los problemas de mayor trascendencia es el elevado consumo energético, a causa de una triple combinación de factores: una arquitectura proyectada sin una adecuación al clima local, una ejecución constructiva deficiente en relación a la conservación de la energía y unas instalaciones obsoletas .

## **2. PROBLEMÁTICA, ANÁLISIS Y OBJETIVOS:**

### **2.1. Condiciones generales de gasto energético en el sector sanitario:**

El parque hospitalario español supone un 2% del gasto en luz, agua y gas que se produce en España (IDAE, 2018).

Comparando con el consumo total nacional en Ktep, (el tep, toe en inglés, es una unidad de energía definida como Tonelada Equivalente de Petróleo; su valor equivale a la energía que rinde una tonelada de petróleo, teniendo un valor convencional de 11.630 kWh.), se observa que, en el año 2016, el consumo energético de los hospitales ascendía al 1,30% del consumo total nacional (Tabla 1).

Con respecto al consumo nacional, puede observarse que la evolución del gasto ha coincidido prácticamente con el desarrollo del ciclo económico. Durante los peores años de la crisis, del 2007 al 2013, el gasto prácticamente se ha estancado. Esto tiene que ver con los ajustes



económicos y presupuestarios en sanidad, que supusieron una disminución del personal sanitario, el cierre de algunas unidades y la disminución de camas efectivas, especialmente en los centros de mayor tamaño, los más ineficientes (Bohigas, 2016).

**Tabla 1.** Comparación entre el consumo energético hospitalario y el consumo energético nacional.

	Consumo hospitales [ktep]	Consumo nacional [ktep]	% con respecto al consumo nacional
2007	557,80	97985,79	0,57
2008	596,10	94510,02	0,63
2009	623,40	87619,98	0,71
2010	572,10	89007,17	0,64
2011	553,60	86503,84	0,64
2012	Sin datos	83013,94	Sin datos
2013	Sin datos	80468,31	Sin datos
2014	608,24	79059,63	0,77
2015	929,50	80231,68	1,16
2016	1067,01	82333,50	1,30

Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDAE.

La mejora de la situación económica a partir de 2013, con la puesta en marcha de nuevas infraestructuras, y la recuperación de algunas prestaciones perdidas, ha significado un aumento del gasto energético en términos absolutos, pero también en términos relativos (Figura 1). Esto es explicable por la disminución del gasto en mantenimiento y mejora de infraestructuras durante los años de la crisis, lo que aumenta la ineficacia de los sistemas y conlleva mayores pérdidas de energía, que se suplen con un mayor consumo para climatización, al que hay que sumar los aumentos naturales de consumo derivados de la tecnificación sanitaria.

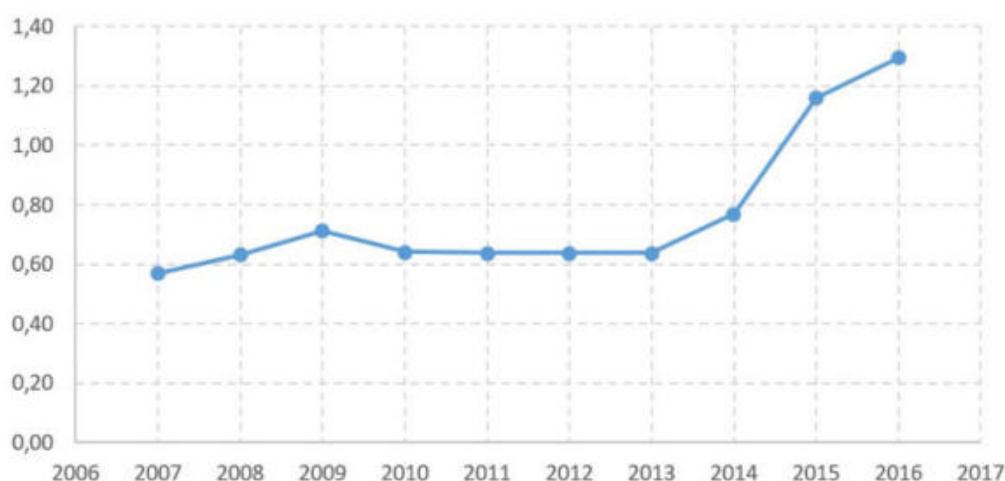


Figura 1. Evolución del % del consumo energético hospitalario. Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Estos consumos finales se dividen en consumos para uso térmico y para uso eléctrico (IDAE, 2018), aunque no se discrimina que parte del uso eléctrico puede haber sido destinado para climatización, iluminación o equipos (Figura 2).

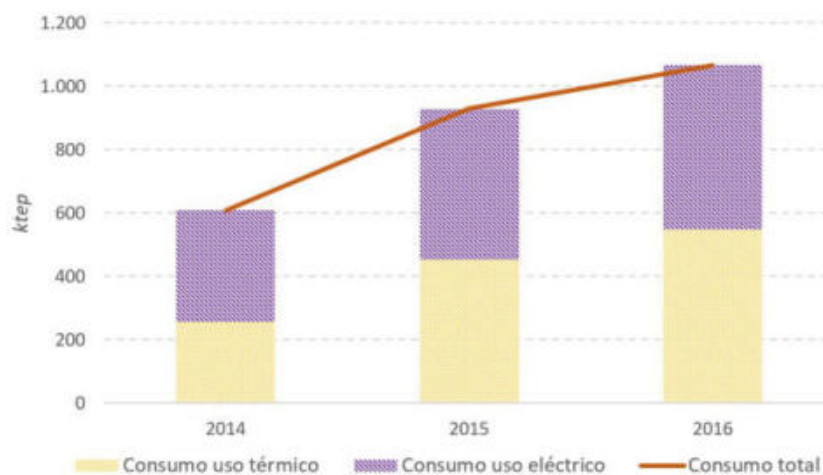


Figura 2. Consumo de energía final en hospitales españoles. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de IDAE.

Para visualizar el impacto medioambiental de estas cifras, se puede observar su equivalencia en emisiones de CO<sub>2</sub> según los indicadores del INE. En este caso, al igual en el caso del consumo, se observa la disminución paulatina durante los años de la crisis, y la recuperación de las emisiones a partir de 2014 (Figura 3). Las diferencias cuantitativas entre los datos del INE y del IDAE se deben a que el primero considera "actividades sanitarias" a todo el conjunto de las mismas, y no sólo las hospitalarias, como en el caso del IDAE. De todas formas, ambos indicadores marcan una tendencia común, el aumento anual del consumo a partir de 2014, una vez superados los peores años de la crisis.

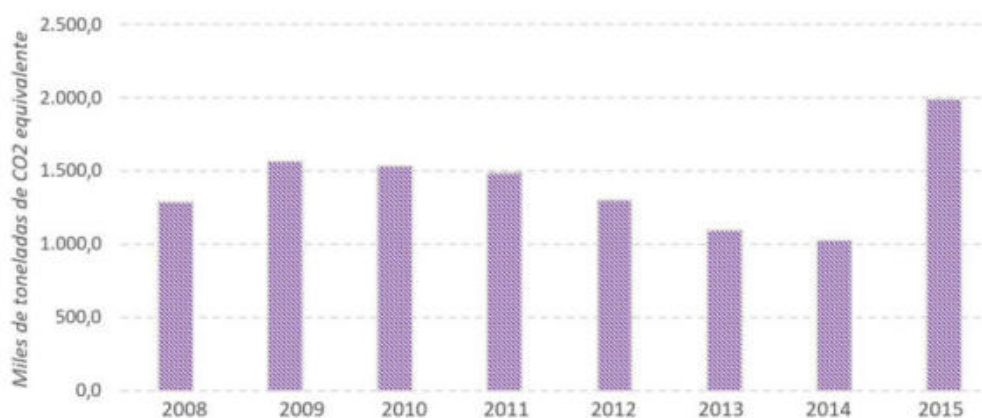


Figura 3. Emisiones a la atmósfera de CO<sub>2</sub> de las actividades sanitarias. Fuente: elaboración propia a partir de datos del INE

Dentro del marco europeo existen otros indicadores de interés que relacionan los consumos energéticos con factores económicos, como la intensidad energética y los consumos unitarios. La intensidad energética sería la relación entre el consumo (ktep) y la unidad de PIB, y es por tanto un indicador de la eficiencia energética de una economía.

En el caso del sector servicios, una unidad de interés sería el consumo unitario, que relaciona el consumo de energía por empleado, que se expresa en kep/emp (o kWh/emp si refiere sólo a consumos eléctricos). Para tener una comparativa más gráfica de la evolución de este indicador, se puede observar la diferencia de tendencia entre el consumo del Sector Sanidad y el consumo del Sector Oficinas (Figura 4).

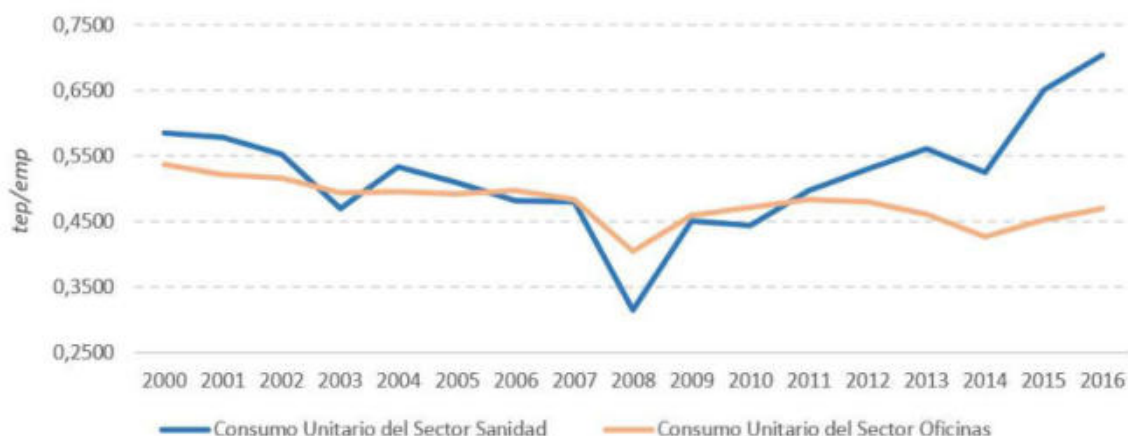


Figura 4. Comparación del consumo unitario en Sanidad y oficinas. Fuente: elaboración propia a partir de datos del IDAE.

Aunque ambos sectores (Oficinas y Sanidad) se han visto afectados por la coyuntura económica, se puede observar que en el Sector Oficinas se ha mejorado notablemente el consumo unitario, mientras que en el Sector Sanidad se ha disparado. Según los análisis del MINCOTUR (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo), “El sector servicios mantendrá su crecimiento tanto en actividad como en consumo energético. (...) el mayor aumento de actividad provendrá de subsectores significativamente intensivos en consumo eléctrico, en particular los relacionados con la informática y las telecomunicaciones. Por tanto, es en este sector donde se detecta un mayor potencial de mejora de eficiencia en el equipamiento eléctrico en oficinas (ofimática y climatización) y en otros edificios del sector terciario (hoteles, hospitales, etc.)” Además, en ambos sectores se está implementando un extensivo uso de equipos tecnológicos, con el consecuente aumento del consumo energético, pero se observa que el Sector Oficinas le lleva mucha ventaja en eficiencia energética al Sector Sanidad, seguramente por el hecho de que la renovación de instalaciones y la mejora de las condiciones de habitabilidad y eficiencia en los edificios de oficinas tiene un ritmo más dinámico y acelerado que en el sector sanitario.

## 2.2. Condiciones particulares de gasto energético en el sector sanitario:

De las condiciones generales de gasto energético sanitario se deriva que existe en la actualidad un preocupante problema de ineficiencia energética generalizado. Sin embargo, dicho problema se concentra fundamentalmente en los edificios del siglo XX, y especialmente en aquellos construidos durante las décadas de los '60 y '70, que son aquellos realizados en épocas donde no existían exigencias normativas en cuanto al ahorro energético, y en menor medida en los realizados en los años '80 y '90 (Prieto, 2017).

España tiene un total de 788 hospitales, que suman 157.665 camas. De este stock hospitalario, 323 hospitales son de titularidad pública y dan un servicio de 105.239 camas.

Habitualmente, el tamaño de los hospitales se mide en función del número de camas. Así, se observa que el 72% de los hospitales tienen menos de 200 camas, mientras que los grandes complejos hospitalarios (de más de 1000 camas) suponen tan sólo un 2% del total. Los tamaños intermedios se corresponden con un 7% de hospitales de 200 a 500 camas y un 19% de hospitales de 500 a 1000 camas.

El número de camas es clave en el estudio energético de los edificios hospitalarios. El valor de referencia se expresa en kWh/cama. Según datos de 2011 (Gómez, 2017), se observa que el consumo unitario (en kWh/cama) es mayor en hospitales muy grandes, con más de 1000 camas, y pequeños, con menos de 100 camas (Figura 5).

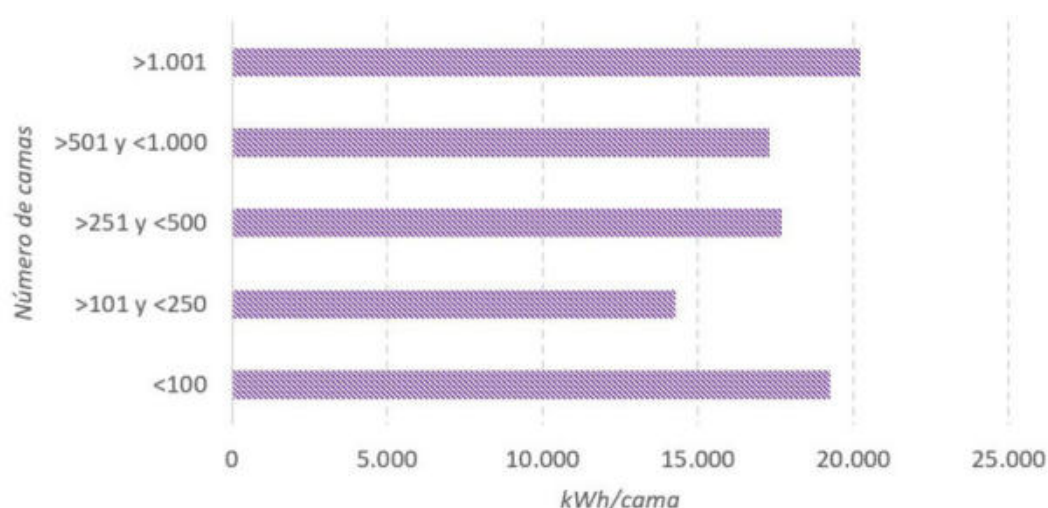


Figura 5. Coste unitario de energía eléctrica por cama (Kwh/cama) en función del tamaño de hospital.  
Fuente: elaboración propia a partir de datos del 2011 obtenidos de la Mesa de Sostenibilidad Energética en el Sector Sanitario (Gómez, 2017).

Si al coste unitario por cama se suma el consumo eléctrico de los equipos médicos, como media, el consumo unitario en hospitales de titularidad pública (dato de 2011) sube a 20.209 kWh/cama (Gómez 2017). Este será el valor de referencia para realizar los estudios comparativos en los distintos casos de estudio. Es interesante notar que, en el mismo estudio, en hospitales de titularidad privada el consumo unitario medio es de 11.216 kWh/cama.

Para poder contextualizar la escala del valor de referencia, se propone un ejemplo comparativo con la escala de vivienda, de la que se han realizado numerosos estudios. Así, tomando los valores de demanda energética de referencia fijados por el CTE-HE 4, una vivienda unifamiliar en Madrid demanda 80,1 kWh/m<sup>2</sup> al año. Si la vivienda tiene 100 m<sup>2</sup>, su demanda anual será de 8010 kWh. Es decir, esta hipotética vivienda consumiría el 40% de lo que consume de media una cama de hospital.

Si la tipología de la vivienda fuera en bloque, su consumo anual sería de 5400 kWh según los valores de referencia del CTE. Esto supondría un consumo de poco más del 25% que el de la cama de hospital tipo. O, dicho de otro modo, una cama hospitalaria consume lo mismo que 4 viviendas de unos 100m<sup>2</sup>.

Como puede observarse en la gráfica (Figura 5), dicho consumo también depende de la extensión del hospital. Los hospitales de más de 1.000 camas y de menos de 100 acumulan gastos por unidad de cama entorno a los 20.000 kWh mientras que los más eficaces se sitúan en tamaños de entre 100 y 250 camas, con gastos inferiores a los 15.000 kWh. Además, los hospitales con mayor número de camas son los más antiguos y obsoletos de la red sanitaria, mientras que los hospitales de hasta 300 camas son los más nuevos y eficientes, ya que incorporan algunas de las últimas normativas de conservación de energía.

A la vista de estos datos, parece importante dirigir los esfuerzos en la mejora de la eficiencia energética hacia las infraestructuras más obsoletas, esto es, los hospitales más grandes construidos en el periodo entre los años '60 y '90 del siglo XX.

### 3. METODOLOGÍA Y RESULTADOS:

La presente investigación forma parte de un proyecto financiado de I+D más amplio, donde se desarrollan distintas estrategias generales de mejora de la arquitectura hospitalaria en España. La presente investigación forma parte dicho estudio, y como una parte de las

mejoras propuestas, pone el foco sobre los problemas de sostenibilidad y eficiencia energética de dicha arquitectura, en los términos y acotaciones desarrollados anteriormente en el apartado de objetivos.

La metodología que se propone para realizar dicho estudio parte de la desarrollada en un trabajo previo financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad dentro del Plan Nacional de I+D, reallizada sobre construcciones escolares, "ENE2013-48015-C3-2R Integrated system for energy optimization and reduction of building CO<sup>2</sup> footprint: BIM, indoor mapping, UAV technologies and advanced energy simulation tools". En dicho caso, el estudio se centraba en unas construcciones tipo de la región de Galicia, ubicadas en diferentes zonas climáticas y con distintas orientaciones. En cierta medida, y a una escala arquitectónica más reducida, se reproducía una problemática muy similar, edificios públicos construidos en los años '70 sin normativa térmica, que siguen siendo utilizados con graves problemas de ineficacia energética y un elevado gasto por consumo (Echeverría et al, 2017).

Con las variantes específicas, la metodología utilizada es similar a la aplicada en el caso de los colegios, y puede resumirse en los siguientes puntos:

- *Definición de un caso de estudio significativo, por su valor ejemplificador y su reproducibilidad. Obtención de los datos históricos y planimétricos.*
- *Análisis funcional del edificio, para el establecimiento de unos parámetros de uso (ocupación, horarios) relacionados con los tiempos de utilización y los rangos de confort climático exigibles.*
- *Análisis constructivo del edificio, centrado fundamentalmente en la definición de la envolvente (muros exteriores, cubiertas y ventanas). Obtención de los datos de transmitancia térmica a partir de su composición, y del estado de la edificación.*
- *Estudio del clima local y de las condiciones de microclima. Elaboración de cartas de Givoni y Olgiay y análisis de las demandas y de las estrategias de mejora térmica de la edificación.*
- *Simulaciones del edificio mediante software específico (Ecotec, Revit, Openspace). Para ello, será necesario realizar previamente modelos simplificados de volumetría en 3D.*
- *Comparación entre los datos de la simulación y los datos reales de consumo. Cuantificación de las pérdidas y ganancias a través de los elementos constructivos de la envolvente.*
- *Propuestas de mejora en relación con los datos obtenidos, en función de las opciones constructivas y de las posibilidades económicas.*
- *Nuevas simulaciones, introduciendo las mejoras definidas anteriormente. Dichas simulaciones se realizarán de modo parcial (por elementos constructivos) y por totales acumulados.*
- *Determinación de las líneas estratégicas de mejora, en función de la respuesta más eficiente y de las posibilidades económicas.*

En el caso de la presente investigación, se han designado unos hospitales de referencia sobre los que se está trabajando. Los primeros análisis se han realizado sobre el Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares, un hospital de tamaño medio (600 camas) construido en la década de los '80, pero con proyecto de finales de los '70. El edificio consta de siete plantas con una superficie total construida de 59.160 m<sup>2</sup> (Figura 6).



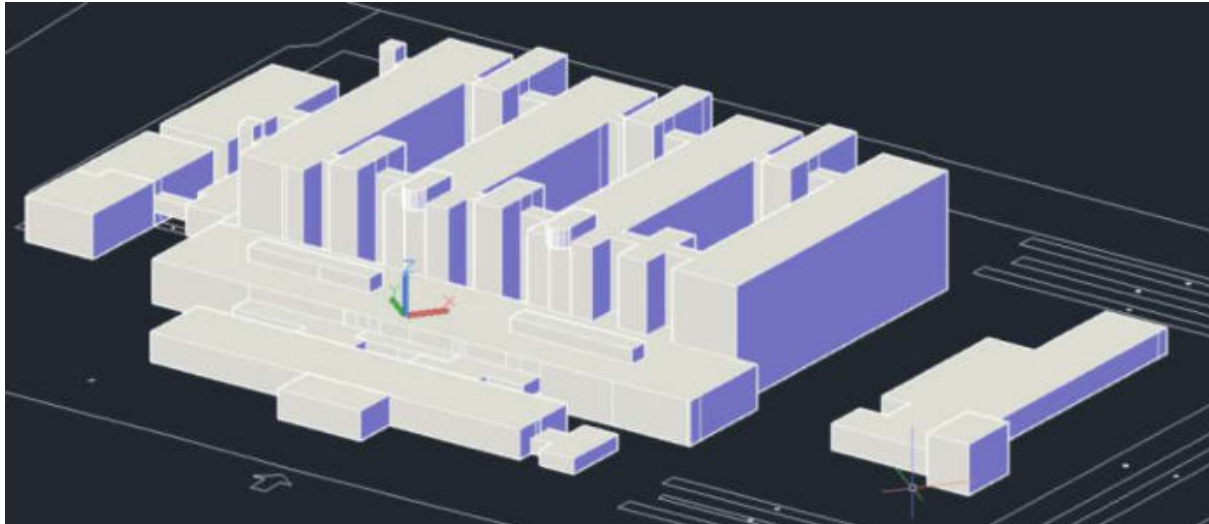


Figura 6. Imagen 3D previa a la simulación energética del Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares.

Sin entrar en el análisis exhaustivo del trabajo realizado, que aún no se encuentra completamente finalizado y será objeto de sucesivos artículos, sí es posible por el momento establecer algunas cuestiones relevantes:

- *Se trata de un edificio con basamento común y cuatro bloques paralelos entre patios con orientación norte sur, y fachadas longitudinales a Este y Oeste, lo que implica cierta adecuación al medio, ya que permite el soleamiento de las fachadas más extensas en mañana y tarde.*
- *Se trata de una edificación bastante compacta, con lo que se minimizan las pérdidas.*
- *La toma de datos y el volcado de los mismos en los software de simulación han representado, en este caso, un trabajo complejo dada la extensión del edificio. Se ha debido simplificar el modelo de trabajo de un modo sustancial, para poder realizar simulaciones reiteradas en plazos de tiempo razonables.*
- *Los sistemas constructivos de la envolvente vertical, aunque incumplen los estándares actuales, se encuentran dentro de un rango de calidad medio para la época, con valor U entorno a 1,43 Wm<sup>2</sup>K.*
- *En las primeras aproximaciones, se han obtenido como dardos de partida unos consumos totales de 9.531.698 KWh., lo que significa un ratio de 161,12 Kwh/m<sup>2</sup>/año. Se trata de un consumo alto, pero no muy alejado de consumos estándar de vivienda de la misma época. Más relevante es el gasto medio anual por cama, que se sitúa en los 15.886 Kwh/cama, unos valores dentro de la media general del gasto energético hospitalario en España para hospitales de esta dimensión.*

Los siguientes pasos de la investigación abarcarán el estudio de distintas posibilidades de intervención, la evaluación de las mismas desde el punto de vista térmico y su viabilidad constructiva, para ofrecer propuestas de mejora económicamente viables.

El gasto energético hospitalario en España se sitúa en un rango elevado, tanto en números absolutos como relativos. El parque hospitalario, aunque ha subido un proceso de mejora paulatina generando infraestructuras más eficientes y recuperando y rehabilitando las obsoletas, es aún muy dependiente de edificios realizados en el siglo XX con estándares de eficiencia energética muy deficientes o claramente inexistentes. Los estudios generales y particulares demuestran que el gasto de energía por cama instalada es también elevado, así como su repercusión por m<sup>2</sup> edificado.

Es por tanto posible y deseable el desarrollo de estudios que analicen esta tipología edificatoria desde el punto de vista energético, ya que existe un amplio margen de mejora de los datos generales. La metodología para dicho análisis se encuentra desarrollada y se ha experimentado en otros edificios de carácter público, aunque la tipología hospitalaria, por su extensión y complejidad, supone algunos retos adicionales que tiene que ver con la toma de datos fiables, la simulación gráfica del edificio y las estrategias de simulación a través de software específico. En todo caso, a partir de la elección de algunos casos de referencia, es posible pautar una serie de pasos, generando una metodología replicable en otros edificios, de tal modo que es posible, con la misma metodología, dar respuesta a las distintas situaciones constructivas y climáticas que pueden existir. A partir de dichos estudios, es posible elaborar estrategias de mejora y conservación energética de dichos edificios, y cuantificar su coste.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pieltain, A. (2003). *Los hospitales de Franco. La versión autóctona de una arquitectura moderna. Tesis Doctoral (Doctorado en Arquitectura). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. España. Disponible en [http://oa.upm.es/4331/1/ALBERTO\\_PIELTAIN\\_ALVAREZ\\_ARENAS\\_b.pdf](http://oa.upm.es/4331/1/ALBERTO_PIELTAIN_ALVAREZ_ARENAS_b.pdf)*
- Bohigas, LI. (2016). *Recortes en sanidad. En Revista Española de Economía de la Salud. Vol.11, N.4. 2016. Wecare-u. Healthcare Communications Group. Madrid. pp.605-613.*
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, 2018. *Seguimientos Energéticos Sectoriales del IDAE (periodo 2007-2011).* <http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>.
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, 2018 *Informes Anuales de Consumos Energéticos (periodo 2014-2016).* <http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>
- IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid, 2018. *Informe Anual de Indicadores Energéticos 2016. Indicadores de Detalle: Intensidades Energéticas a nivel Global y Sectoriales en España en 2016.* <http://www.idae.es/estudios-informes-y-estadisticas>
- INE, Instituto Nacional de Estadística, Madrid 2018. *Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad (CNAE 2009). Código 86-Actividades sanitarias (periodo 2008-2015).* <http://www.ine.es/>
- MINCOTUR, Ministerio de Economía y Turismo, Madrid 2011. *Informe: Planificación energética indicativa 2012-2020, según lo dispuesto en la Ley 2/2011, de 4 de marzo de Economía Sostenible, p. 61.* <https://www.mincotur.gob.es/energia/es-ES/Novedades/Documents/>
- Prieto, P. (2017). *1967-2017. Cincuenta años de eficiencia energética en la edificación y sus instalaciones. En El Instalador N.554, Septiembre 2017. Interempresasmedia, Barcelona. pp.36-40. Disponible en <http://www.interempresas.net/Flipbooks/IN/554/html5forpc.html>*
- Gómez, C. (2017). *Mesa de sostenibilidad energética en el sector sanitario. Ponencia XXXV Congreso de la Asociación de Ingeniería Hospitalaria. IDAE. Las palmas de Gran Canaria, Octubre 2017. Disponible en <http://congresodeingenieriahospitalaria.com/laspalmasdegrancanaria2017/>*
- Echeverría, E., Celis, F., de Miguel, M., Dominguez, P., Delgado, I., Mozas, A., Moreno, K., Vega, J.M., Martín, F. (2017). *Integrated System for Energy Optimization and Reduction of Building CO2*

*Footprint. Conference Proceeding of World Sustainable Built Environment Conference. Hong Kong, 5-7 Junio 2017. Construction Industry Council and Hong Kong Green Building Council. pp.1185-1191. Disponible en <http://www.hkgbc.org.hk>*

## **6. AGRADECIMIENTOS:**

El presente estudio se ha realizado dentro del Proyecto Nacional de I+D "Metodología para la evaluación del bienestar, condiciones ambientales y funcionalidad espacial de los centros hospitalarios y su entorno, y propuestas de adecuación a los nuevos conceptos asistenciales. PROYECTO BIA2016-78893-C3-1-R", de la Universidad de Alcalá. Además, se agradece la colaboración prestada en la elaboración de los datos de apoyo a los alumnos del MUPAAC (Master Universitario en Proyecto Avanzado de Arquitectura y Ciudad) de la Universidad de Alcalá, Irene Acosta, Albis Castillo, Gema Chávez y Cristina Serrano.

# MODELOS DE NEGÓCIOS CIRCULARES PARA ALCANÇAR A SUSTENTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Mayara Regina Munaro ([munaro.mayara@gmail.com](mailto:munaro.mayara@gmail.com)); Sérgio Fernando Tavares  
([sergioftavares@gmail.com](mailto:sergioftavares@gmail.com))

Universidade Federal do Paraná, Departamento de construção civil (UFPR) - Brazil

**Palavras chave:** modelo de negócio circular, economia circular, modelo de negócio sustentável, ambiente construído

*A implantação de práticas para uma economia circular transforma a maneira como as empresas fazem negócios. O ambiente construído exerce grande pressão sobre os recursos naturais e seu papel na transição para uma economia circular (EC) é fundamental. Esse estudo inclina-se à compreensão de como a EC tem sido abordada no ambiente construído e nas edificações por meio de proposições de valor em modelos de negócios circulares. Ao adotar uma revisão sistemática de literatura foi observado que a introdução de modelos de negócios circulares no ambiente construído está em fase inicial e voltado em fornecer estratégias de negócios e design para facilitar e direcionar a introdução da economia circular na cadeia de valor construtiva. Em vista dessa lacuna, uma metodologia para criação de valor em projetos de construção foi criada considerando as cadeias de negócios e os stakeholders do setor construtivo. Além disso, foi relacionado modelos de negócios circulares e suas proposições de valores no ambiente construído de acordo com a fase de ciclo de vida da edificação. Os principais obstáculos foram identificados visando direcionar as indústrias construtivas na transição circular, por meio de modelos de negócios que proporcionem a criação de valor e vantagem competitiva sustentável.*

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção contribui de forma crucial para a economia. Em nível europeu, é um dos maiores setores industriais, correspondendo a, aproximadamente, 10% do Produto Interno Bruto (PIB) e 18 milhões de postos de trabalho (CEN, 2017). Entretanto, é o maior consumidor de recursos e matérias-primas e representa mais de um terço do total de energia consumida no mundo (IEA, 2013; Tonelli et al., 2013). As cidades produzem 50% do lixo mundial e respondem por 60-80% das emissões de gases de efeito estufa (UNEP, 2015). No Brasil, 85% da população brasileira se concentra em áreas urbanas (UN Habitat, 2013), índice que deve atingir 91% até 2050 (EMF, 2017). Desses, estima-se que 20% moram em favelas ou em moradias informais (EMF, 2017). Em 2008 o déficit habitacional brasileiro correspondia a 10% do estoque de edifícios do mercado (UN Habitat, 2013).

Mudanças estão ocorrendo na estratégia de negócios, onde atividades empresariais e padrões de consumo estejam mais alinhados com as necessidades ambientais e sociais (Bocken et al., 2013; 2014; Bocken and Short, 2016). Desde o final dos anos 80, o desenvolvimento sustentável remodela a indústria da construção, alterando as estruturas físicas e os princípios de trabalho das organizações (Zhao and Pan, 2015). O redesenho dos modelos de negócios visa melhorar o desempenho sustentável e criar valor, sustentado pela inovação (Bocken et al., 2013; Boons et al., 2013). As abordagens atuais, concentrando-se em melhorias de eficiência, produtividade e em cadeias de fornecimento, começam a pressionar a redução dos impactos da produção e do consumo. Recentemente, o conceito de economia circular (EC) ganhou popularidade, onde os materiais são continuamente reutilizados e reciclados (EMF, 2013; Bocken and Short, 2016; Lewandowski, 2016).

Estima-se que o mercado para uma economia circular, nos próximos 10 anos, impulsione o crescimento econômico em até 4% (ING, 2015). Na Europa, tecnologias e modelos de negócios podem melhorar a produtividade dos recursos e reduzir os custos dos setores de mobilidade, alimentação e ambiente construído em 0,9 trilhão de euros até 2030 (EMF, 2015). A transição para a EC está atrelada a políticas públicas e à introdução de modelos de negócios circulares (EMF, 2013; Lewandowski, 2016). Na indústria construtiva, essa mudança requer enfoque no pensamento sistêmico, que permita compreender todo o ciclo de vida do edifício, a cadeia de valor da construção e a integração das partes envolvidas (ARUP, 2017). No Brasil, deve-se considerar os princípios circulares em investimentos de novos edifícios, ampliar o acesso ao espaço construído com conceitos de flexibilidade, modularidade, recursos mais eficientes, reduzir o desperdício e, canalizar a tecnologia digital e práticas inovadoras para criar mais valor no setor (EMF, 2017).

Ao vislumbrar o cenário supracitado, salienta-se a necessidade de direcionamentos, estratégias e práticas circulares no ambiente construído. Em decorrência disso, este estudo objetiva relacionar modelos de negócios circulares no ambiente construído e suas proposições de valores de acordo com a fase de ciclo de vida da edificação, fornecendo mecanismos de criação de valor e tomada de decisão. As questões norteadoras incluem: Quais princípios de circularidade podem ser identificados em cada fase do ciclo de vida da edificação? Como introduzir princípios circulares nas cadeias de valor da indústria da construção?

O desenvolvimento deste artigo seguiu o método apresentado na Figura 48. O estudo apresenta o conceito de modelos de negócios e a introdução de princípios de sustentabilidade (seção 2) e de economia circular (seção 2.1) como estratégias de criação de valor nesses modelos. Com base no objetivo desta pesquisa, uma revisão de literatura foi realizada (seção 2.2) para identificar conceitos e sistematizar os artigos selecionados que tratam das contribuições de modelos de negócios no ambiente construído. Poucos estudos foram encontrados ligados às contribuições dos modelos de negócios circulares para a construção civil, logo foi relevante identificar a necessidade de diretrizes e esclarecimentos sobre a criação de valor na abordagem de economia circular (seção 3) e propor modelos de negócios circulares de acordo com as fases de ciclo de vida da edificação (seção 3.1). Além disso, obstáculos foram destacados na implantação desses modelos (seção 3.2) a fim de realizar avanços e direcionar tomadores de decisões na busca de edificações mais sustentáveis.





**Figura 48.** Procedimento metodológico no desenvolvimento desta pesquisa

## 2. MODELOS DE NEGÓCIOS ORIENTADOS À SUSTENTABILIDADE

Um modelo de negócio define a maneira pela qual uma empresa entrega valor aos clientes, atraindo-os a pagar por isso e convertendo esses pagamentos em lucro (Teece, 2010). Reflete o projeto ou arquitetura dos mecanismos de criação, entrega e captura de valor, fornecendo dados que demonstram como um negócio gera fluxos de receita rentáveis e sustentáveis e tem o potencial de influenciar cadeias de valor inteiras, porque conecta atores, medeia produção e consumo e apoia à introdução de novas tecnologias no mercado (Teece, 2010). Por meio da inovação, o modelo de negócio pode ser fonte de vantagem competitiva para projetar ou modificar um sistema de atividades (Teece, 2010; Bocken et al., 2014).

O conceito de modelo de negócio tornou-se popular nos anos 90, em grande parte devido à ascensão de empresas de Internet (Boons et al., 2013; Zhao and Pan, 2015). Precisa combinar elementos que incluem a proposta, criação, entrega e a captura de valor, como demonstrado na Figura 2 (Boons and Leudeke-Freund, 2013; Boons et al., 2013; Bocken et al., 2014). A criação de valor é o foco de qualquer modelo de negócio; as empresas capturam valor aproveitando novas oportunidades de negócios, mercados e fontes de receita (Teece, 2010). A proposição de valor está relacionada à oferta de produtos e serviços para gerar retorno econômico (Boons and Leudeke-Freund, 2013) e a captura de valor engloba a obtenção de receita a usuários e clientes (Teece, 2010; Bocken et al., 2014).



**Figura 49.** Estrutura conceitual de um modelo de negócio (adaptado de Bocken et al., 2014; Teece, 2010)

Os modelos de negócios também foram relacionados à inovação e ao desenvolvimento sustentável no final dos anos 90 (Boons and Leudeke-Freund, 2013; Boons et al., 2013). O foco era melhorar a eficácia operacional do negócio ao otimizar o uso de recursos, reduzir custos e riscos, aumentar vendas, reputação e o valor da marca, bem como a atratividade como empregador (Melkonyan et al., 2017). Com isso, permitiu melhor gerenciamento dos *stakeholders* e adaptação das empresas a ambientes complexos (Bocken et al. 2014; Bocken and Short, 2016).

## 2.1. Modelos de negocios na economia circular

No atual sistema econômico linear a abordagem “extrair, transformar, usar, descartar” é predominante, na qual os recursos naturais são usados para criar um produto, que é descartado ou incinerado após o uso. Um modelo de negócio circular considera a criação de valor, receita ou lucro, dentro de uma economia circular (EC).

A economia circular é um conceito evolutivo industrial e social que busca objetivos de sustentabilidade por meio da cultura de ciclo fechado. A Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2013, 2015) ajudou a popularizar essa mudança em empresas. A Europa e a China adotaram princípios de circularidade como parte de suas estratégias futuras (BAMB, 2017; European Commission, 2018). A Comissão Europeia (2018) prevê aumentar a reciclagem e evitar a perda de materiais; criar empregos e crescimento econômico, mostrando como novos modelos de negócios, o *design* ecológico e a simbologia industrial podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa, os impactos ambientais e o desperdício.

Os fundamentos da EC emergem de ideologias como a Ecologia Industrial, os conceitos de “*cradle to cradle*”®, a biomimética, o capitalismo natural, entre outros (De Los Rios e Charnley, 2016; Bocken et al., 2016). É um sistema restaurativo ou regenerativo por princípio, cujo objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor, considerando o uso de energia renovável, a eliminação de produtos tóxicos e a redução de resíduos (EMF, 2013; 2015). Implementar práticas circulares exige novos modelos de negócios, incluindo diferentes produtos ou serviços, diferentes relacionamentos com clientes, processos de produção e de receita. O gerenciamento dessas mudanças faz com que as empresas se envolvam em processos de inovação baseados na longevidade, reutilização, reparo, atualização, renovação, compartilhamento e desmaterialização (Accenture, 2014).

Projetar modelos de negócios circulares requer ponto de vista sistêmico em torno das cadeias de valor dos serviços e produtos. O foco é nos recursos e nas propostas de retardar, fechar ou estreitar os seus ciclos (Bocken et al., 2016; Geissdoerfer et al., 2017). As referências são derivadas dos princípios da EC, por exemplo, considerando a estrutura

ReSOLVE (regenerar, compartilhar, otimizar, *loop*, virtualizar, trocar) (EMF, 2015; Lewandowski, 2016). A inovação demanda colaboração, comunicação e coordenação entre os *stakeholders* de modo a reter o valor dos materiais e minimizar os desperdícios do sistema (ARUP, 2017; Bocken et al., 2018).

## 2.2. Revisão sistemática de literatura

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada para mapear os estudos na área. As fontes de informação utilizadas foram as bases de dados acadêmicas Web of Science, ScienceDirect e EBSCOhost. Como termos de busca utilizou-se expressões, respaldados pela leitura prévia de alguns trabalhos e pelo objetivo desta pesquisa, adotando os termos *circular business model*, *innovative business model*, *sustainable business model*, *business model*, *circular economy* associados com *built environment* e *building*. Os critérios para determinar os estudos foram tipo de publicação (apenas artigos de periódicos), idioma em língua inglesa e disponibilidade de texto completo. Seis artigos foram eleitos e classificados em dois eixos temáticos, abordando **modelos de negócios inovadores para edificações mais sustentáveis** e o **design como modelo de negócio**. As principais contribuições da revisão estão consolidadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos trabalhos elegidos na revisão sistemática da literatura abordando modelos de negócios no ambiente construído

Eixo temático	Foco do eixo	Temática abordada	Resultado da pesquisa	Autores
Modelos de negócios inovadores para edificações mais sustentáveis	Estratégias de negócios para avaliar e/ou tornar as edificações mais sustentáveis	Modelos de negócios inovadores em edificações sustentáveis	Oito critérios de desempenho e 33 indicadores de modelos de negócios, sendo os indicadores mais importantes: redução de custos de eficiência de recursos, mudança no custo de operação, gestão de relacionamento com os stakeholders, efeito sobre comodidade ou conveniência e relação risco-retorno. O serviço de operação e manutenção foi o modelo mais satisfatório	Zhao et al. (2017)
		Modelos de negócios na obtenção de edificações carbono zero	Identificação de nove elementos-chave que incluem oferta, cliente-alvo, canal de distribuição, interfaces com o cliente, competência de recursos e núcleo, rede de parceiros, modelo de custo e receita	Zhao e Pan (2015)
		Modelos de negócios para ações de eficiência energética nas edificações	Abordagem metodológica que incorpora análises quantitativas de sustentabilidade relacionadas a projetos de renovação energética em edifícios	Moschetti e Bratebbø (2016)
		Sustentabilidade social no sistema de serviços de produtos (PSS)	Grande lacuna científica sobre sustentabilidade social em PSSs (empregabilidade na fabricação de construção temporária)	Kurdve e De Goey (2017)
Design como modelo de negócio	Características do produto / serviço como forma de influenciar a cadeia de valor	Estratégias sobre o design de produtos e modelos de negócios circulares	Proposição de um modelo de negócio que associa o design de produtos com estratégias para desafiar a obsolescência planejada ou a falta de sustentabilidade de produtos	Bocken et al. (2016)
		Análise sobre o modelo de sistemas de serviços e produtos (PSS)	Relação de práticas bem-sucedidas em estudos de casos sobre produtos voltados a mudança climática; foco em diretrizes para desmontagem, separação e remontagem de materiais	De Los Rios e Charnley (2016)

Com base nos estudos revisados, observa-se a tendência de mudar a forma como as companhias fazem negócio ao implementar práticas e ferramentas circulares, tornando as cadeias e fluxos de valor, bem como as edificações, mais sustentáveis. A pesquisa sobre modelos de negócios circulares no ambiente construído está em fase inicial e é preciso diretrizes e melhor compreensão do assunto para que os *stakeholders* introduzam estratégias e negócios circulares nas suas cadeias de valor. Em vista dessa lacuna, este

estudo relaciona modelos de negócios circulares nas fases do ciclo de vida das edificações, respaldados pela inovação e criação de valor.

### 3. PROCESSO PARA INOVAÇÃO EM MODELOS DE NEGÓCIOS CIRCULARES

Como apresentado na Figura 2, o conceito de um modelo de negócio pode ser refletido em quatro pilares: proposta, criação, entrega e captura de valor. A

Figura 50, incorpora esses conceitos e apresenta uma metodologia para a inovação e criação de valor em modelos de negócios circulares objetivando estimular a geração e discussão de ideias.



**Figura 50.** Método para criação de valor em projetos: ciclo iterativo para a inovação em modelos de negócios circulares

A metodologia de negócio circular consiste em ciclos iterativos e dinâmicos de experimentação, aprendizagem e dimensionamento de etapas que busca a criação de valor e a inovação frente à sustentabilidade dos negócios, como demonstra a

Figura 50. O objetivo desta modelagem está em repensar a proposta de valor e identificar um roteiro para as empresas capturar valor econômico, gerando valor ambiental e social, considerando as necessidades de clientes, investidores e acionistas, funcionários, fornecedores e parceiros.

A estrutura da

Figura 50 é um processo de análise da condição sistêmica dos métodos produtivos das edificações, que se inter-relacionam com os ambientes naturais e às necessidades dos clientes e usuários. As oportunidades de valor perdidas representam situações em que as partes interessadas desperdiçam ou não aproveitam os ativos, recursos e capacidades existentes. Isso pode ser devido a sistemas de criação ou captura de valor mal projetado, falha ou incapacidade de reconhecer valor ao benefício (Bocken et al., 2013). A operacionalização da metodologia pressupõe que pode haver melhorias em cada uma das etapas do ciclo produtivo e requer (SEBRAE, 2017):

- conhecer as etapas e processos da cadeia produtiva, mapeando fornecedores, práticas adotadas, produtos, serviços, origem de matérias-primas, entre outros;
- identificar riscos, impactos sociais e ambientais, considerando o ciclo de vida dos produtos e serviços e as principais partes interessadas;

- propor ações para a redução dos riscos e impactos;
- manter registro e evidências de todas as ações adotadas, de modo a facilitar monitoramento, verificação e compartilhamento de informações.

Ao adotar o olhar sistêmico para a cadeia de valor orientada para a suficiência do ambiente construído é possível detectar oportunidades e ameaças aos negócios; identificar valores conflitantes entre os *stakeholders*; detectar oportunidades de inovação e diferenciação com produtos e serviços que respondam a novas tendências de consumidores; oportunidades de explorar novos mercados; identificar os principais determinantes de custos, reduzindo recursos e aumentando o lucro da empresa; comparar com a cadeia de valor dos concorrentes; prolongar a vida dos produtos e evitar a obsolescência integrada (Bocken et al., 2013; Bocken and Short, 2016; SEBRAE, 2017).

### 3.1. Modelos de negócios para impulsionar a circularidade no ambiente construído

Para introduzir princípios da EC no ambiente construído existem fatores necessários de projeto, informação e colaboração (ARUP, 2017). Em projeto, são compreendidos requisitos de desconstrução, montagem/desmontagem e flexibilidade; Informação abrange dados sobre custos e condições dos materiais, produtividade, Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), propriedade, garantia e rastreabilidade; Já em colaboração, aspectos como transparência, inovação, compartilhamento e modelos de negócios de curto e longo prazo (ARUP, 2017).

O atual ciclo construtivo está associado à perda de valor e impactos ambientais. Para reduzir essa ineficiência, cada *stakeholder* da cadeia de valor precisa analisar seu produto/função e considerar o final do ciclo de vida como possibilidade de criar valor em vez de desperdício. A Tabela 2 relaciona o atual ciclo de desenvolvimento das edificações com proposições de modelos de negócios circulares, de acordo com a fase do ciclo de vida da construção.

Tabela 2. Ciclo do modelo de negócio atual no ambiente construído e proposição de modelos de negócios circulares de acordo com a fase do ciclo de vida da edificação (baseado em ARUP, 2017; BAMB, 2017)

Fase do ciclo de vida	Partes envolvidas	Atual ciclo das edificações	Proposições de modelos de negócios circulares
Projeto	Cliente; Arquiteto; Engenheiro; Investidor	O valor residual do edifício em regra não é considerado; O projeto geralmente não pode atender mudanças nos requisitos do usuário; os resíduos são inadvertidamente projetados no prédio	Projeto de produto e processos: Esses modelos visam fornecer planejamento e projeto para componentes, sistemas e toda a edificação, a fim de melhorar a vida útil. Inclui soluções para melhorar como o ativo é mantido, reparado, atualizado e reconicionado. Um plano de processo na cadeia de valor é necessário para aumentar o potencial de reutilização e a capacidade de reciclagem de produtos, subprodutos e fluxos de resíduos
Fabricação	Fabricante	Componentes são construídos e muitas vezes não podem ser desmontados; fabricantes garantem o desempenho na venda; Recursos naturais são usados, em vez de materiais reciclados; Informações sobre materiais, produtos e componentes muitas vezes não são esclarecidas ou fornecidas	Passaporte de materiais: conjunto de dados e informações que descrevem características de materiais que lhes dão valor para recuperação e reutilização Desempenho dos produtos: foco em fornecer um pacote de desempenho completo (incluindo produto, financiamento, manutenção, etc.) com produtos como parte da proposta
Logística	Fornecedor	Os materiais não são devolvidos aos fabricantes; as empresas não rastreiam os produtos	Logística circular: desenvolvimento de materiais para aumentar a energia renovável, minimizando o uso de recursos ou totalmente recicláveis
Construção	Construtor; Investidor; Empreiteiro	Componentes são cortados e montados no local, gerando desperdício; informações não são mantidas no	Desempenho de edificações flexíveis: foco em fornecer um pacote de desempenho completo no nível do edifício, basicamente, sendo o principal



		formato mais útil ou não são bem informadas, considerando os cenários de manutenção e fim de vida	parceiro para os proprietários de edifícios
--	--	---	---

Fase do ciclo de vida	Partes envolvidas	Atual ciclo das edificações	Proposições de modelos de negócios circulares
Uso e remodelação	Inquilino; proprietário; investidor; gerente de instalações; empreiteiro	Os proprietários não possuem informações suficientes para reutilizar ou redefinir a edificação de maneira eficaz; Edifícios são frequentemente subutilizados. Arrendamentos não oferecem flexibilidade suficiente; O edifício não é adaptável para diferentes usos	Compartilhamento de plataformas: esse modelo gera uma taxa de utilização maior de produtos ou sistemas, permitindo ou oferecendo uso compartilhado, acesso ou propriedade. Ao mesmo tempo, aprimora o design e o uso de instalações colaborativas
			Produto como serviço: visa entregar desempenho ao invés de produtos. O principal fluxo de receita vem do pagamento pelo desempenho entregue. Isso se aplica mais obviamente à iluminação e à adequação, mas pode ser estendido a todas as partes de uma edificação
			Facilidade de rastreamento: visa fornecer serviços para facilitar o rastreamento de materiais, componentes e partes de um sistema para que possam ser comercializados em mercados secundários
			Vender e comprar de volta: um produto é vendido com base em que ele será comprado de volta após um período de tempo
			Extensão de vida: estender a vida útil dos produtos, componentes e sistemas por meio de soluções de engenharia, incluindo desmontagem e remontagem, reparo, manutenção e/ou atualização
Fim de vida	Empreiteiro de demolição; reciclador; organização de reciclagem	O valor do material é perdido na demolição porque os componentes não podem ser desmontados; os materiais usados costumam ser difíceis de segregar; os materiais são normalmente reciclados, reduzindo seu valor.	Suporte ao ciclo de vida: Consumíveis, peças de reposição e suplementos para suportar o ciclo de vida de produtos com maior longevidade
			Recuperação de materiais: Materiais, componentes e partes de um sistema recuperados são vendidos para serem usados novamente ou reciclados
			Facilidade de reciclagem: na transformação de resíduos em matérias-primas. A receita pode ser criada pelo trabalho em tecnologias de reciclagem
			Reabilitação e manutenção: Peças e componentes usados são recondicionados e mantidos para que possam ser vendidos
			Fornecedor de recuperação: Fornece sistemas de recuperação e serviços de coleta para recuperar recursos úteis de produtos ou subprodutos descartados

Entender onde a mudança passa a ser circular e criar valor precisa ser o ponto de partida para qualquer organização, como explora a Tabela 2. Isso inclui entender os indicadores e as tecnologias disponíveis, desde a escassez de recursos até o comportamento do consumidor (Accenture, 2014). Na EC, o foco passa a ser o compartilhamento e os clientes são vistos como usuários em vez de consumidores de produtos e serviços, o que implica visão contínua e iterativa sobre o relacionamento com o cliente. Os insumos circulares tendem a ser locais, apoiando modelos descentralizados de produção, consumo e retorno local (Accenture, 2014).

A inovação no ambiente construído requer mudança na forma de planejar e executar a cadeia de valor dos materiais e serviços da construção civil, relacionando desde a extração de matérias-primas, transporte, produção até o uso/consumo final. Diferentes modelos serão necessários em cada estágio do ciclo de vida de um ativo/edificação que podem funcionar de forma independente ou colaborativa. A implementação desses modelos exigirá ações de *designers*, fornecedores, prestadores de serviços e empresas compartilhando materiais, sistemas, energia, informações e serviços (Bocken et al., 2014; ARUP, 2017).

### 3.2. Obstáculos na implantação de modelos de negócios circulares

A implantação de modelos de negócios circulares está associada à maior volatilidade de preços de recursos e risco de fornecimento; à geopolítica e instabilidade política que podem representar risco no fornecimento de materiais; às tendências da sociedade no sentido de compartilhar produtos e outras formas de consumo colaborativo; à crescente legislação sobre eficiência de recursos e à evolução colaborativa na cadeia de suprimentos (EMF, 2013; Mentink, 2014). A Tabela 3 apresenta as principais barreiras na implantação desses modelos.

Tabela 3. Relação dos obstáculos e desafios para a implementação da economia circular e modelos de negócios circulares (adaptado de Mentink, 2014)

		Obstáculos da economia circular	Desafios para modelo de negócios circulares
Financeiro	1	Investimento inicial	Calcular o retorno do investimento (modelo de receita e redução de custos)
	2	Custos ambientais não são levados em conta	Buscar oportunidades de negócios (social, ambiental e econômico)
	3	Acionistas com perfil de curto prazo	Explicar os benefícios a curto e longo prazo
	4	Materiais reciclados são mais caros que os virgens	Criar oportunidades de valor com reciclados ou fluxos de receita adicionais
	5	Custos mais elevados de gestão e planejamento	Usar o modelo como ferramenta comunicativa e organizacional para facilitar a gestão de mudança
Institucional	6	Assimetria de informações entre as instituições	(assunto governamental)
	7	Incentivos governamentais apoiam a economia linear	(assunto governamental)
	8	A circularidade não é uma política de inovação integrada	(assunto governamental)
	9	A legislação de concorrência inibe a colaboração entre empresas	Assunto governamental; focar em modelos sem inibições
	10	Políticas de reciclagem são ainda ineficazes	Assunto governamental; procurar oportunidades para criar valor com material reciclado
	11	Questões de governança sobre responsabilidades, propriedade e infraestrutura	Mapear as atividades das partes interessadas criando visão clara dos envolvidos
Estrutural	12	Aplicação limitada de novos modelos de negócios	Melhorar conceitos dos modelos de negócios circulares
	13	Falta de troca de informações	Maior transparência nos requisitos de informação
	14	Confidencialidade dificulta a troca de informações	Fornecer clareza na informação e buscar oportunidades de cooperação
	15	A troca de materiais é limitada na logística reversa	Calcular retornos de investimentos em logística reversa
Social	16	Falta de consciência e senso de urgência	Determinar direcionadores e barreiras
	17	O PIB não mostra o progresso real ou o declínio da sociedade	Melhorar indicadores de desempenho
	18	Resistência de partes interessadas	Demonstrar as oportunidades em grande escala
Tecnológico	19	Atenção limitada no fim de vida dos projetos	Atender às necessidades do usuário e de final de vida
	20	Disponibilidade limitada e qualidade do material de reciclagem	Aumentar a disponibilidade e a qualidade de materiais virgens e reciclados
	21	Desafios para separar o bio do tecnociclo	Incluir a separação de bio e tecnociclo nos modelos de negócios
	22	Tecnologias lineares estão profundamente enraizadas	Buscar possibilidades de inovação

Observa-se na Tabela 3 que os obstáculos para inserir práticas circulares na indústria construtiva estão atrelados aos desafios de criar modelos de negócios mais sustentáveis. Os 22 obstáculos listados destacam a falta de informação, de integração e de incentivo na adoção de modelos de negócios circulares. Embora as empresas sejam o principal meio para promover a mudança para uma EC, os governos são fundamentais na facilitação ou restrição dessa transição (Accenture, 2014). Políticas em torno da tributação do consumo,

estruturas legais, metas específicas de reciclagem, responsabilização das empresas pelos produtos ao longo do ciclo de vida, implantação de prêmios fiscais pelo uso de recursos regenerados e regulamentação do código de construção precisam ser reconsideradas (Accenture, 2014; ARUP, 2017).

A pesquisa buscou dar um panorama sobre as possibilidades de inovação e criação de valor no ambiente construído associando atividades econômicas lucrativas com o princípio circular de fechar os ciclos dos materiais, serviços e sistemas. Os modelos de negócios circulares requerem pensamento sistêmico sobre as cadeias e fluxos de valor, acarretando no aumento da colaboração entre os *stakeholders* e no alcance de construções resilientes, que integram eficiência e diversidade.

#### 4. CONCLUSÕES

O artigo apresentou uma abordagem metodológica com o objetivo de relacionar modelos de negócios circulares de acordo com a fase do ciclo de vida das edificações, por meio de pesquisa e revisão sistemática da literatura. Pode-se constatar que a introdução de modelos de negócios circulares na indústria da construção ainda está em fase embrionária, visto os poucos estudos identificados na revisão. Isso levou à identificação de lacunas de pesquisa e uma metodologia foi apresentada, focando uma possível maneira de criar e incorporar valor em modelos de negócios voltados a sustentabilidade e a circularidade do ambiente construído. A metodologia provê diretrizes para a introdução de novas formas de gerar valor aos *stakeholders* nas cadeias de valor da construção civil.

Os modelos de negócios circulares apresentados, de acordo com as fases do ciclo de vida de uma edificação, fornecem mecanismos de criação de valor e direcionamentos na transição para uma EC. Salienta-se que existem muitas barreiras para a aplicação de princípios circulares na construção civil, principalmente considerando a compreensão e avaliação das cadeias de fluxos de valor dos materiais e serviços. E ainda, que o apoio governamental, baseado em leis e incentivos fiscais, é crucial nessa transição. Perceber o potencial da economia circular requer nova abordagem de modelos de negócios na cadeia de valor e mudança no pensamento sistêmico, no *design*, na tecnologia e nas abordagens econômicas.

O estudo promoveu o conhecimento acerca dos principais modelos de negócios circulares ao ambiente construído, contribuindo para as pesquisas científicas e as estratégias de negócios da área. Cumpre evidenciar, que os estudos no contexto de modelos de negócio circulares vêm avançando, dado as necessidades de preservação dos recursos naturais, redução dos resíduos, da emissão dos gases de efeito estufa e de construções com maior eficiência energética. Por fim, as proposições dessa pesquisa não esgotam o assunto e buscam promover novas discussões e evoluções do campo em questão.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accenture (2014). *Circular Advantage: innovative business models and technologies to create value in a world without limits to growth*. Disponível em <<https://goo.gl/AFzEJF>>.
- ARUP (2017). *Circular Business Models for the Built Environment*. Disponível em <<https://goo.gl/LjwEyr>>.
- BAMB (2017). *Buildings as Material Banks and the need for innovative Business Models*. Disponível em <<https://goo.gl/YUdNb2>>.
- Bocken, N.; Short, S.; Rana, P.; Evans, S. (2013). *A value mapping tool for sustainable business modelling*. *Corp. Gov. Int. J. Bus. Soc.* 13, 482–497. <https://doi.org/10.1108/CG-06-2013-0078>

- Bocken, N.M.P.; Short, S.W.; Rana, P.; Evans, S. (2014). *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*. *J. Clean. Prod.* 65, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>
- Bocken, N.M.P.; Short, S.W. (2016). *Towards a sufficiency-driven business model: Experiences and opportunities*. *Environ. Innov. Soc. Transitions* 18, 41–61. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.010>
- Bocken, N.M.P.; de Pauw, I.; Bakker, C.; van der Grinten, B. (2016). *Product design and business model strategies for a circular economy*. *J. Ind. Prod. Eng.* 33, 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>
- Bocken, N.M.P.; Schuit, C.S.C.; Kraaijenhagen, C. (2018). *Experimenting with a circular business model: Lessons from eight cases*. *Environ. Innov. Soc. Transitions* In Press, 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2018.02.001>
- Boons, F.; Lüdeke-Freund, F. (2013). *Business models for sustainable innovation: State-of-the-art and steps towards a research agenda*. *J. Clean. Prod.* 45, 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.007>
- Boons, F.; Montalvo, C.; Quist, J.; Wagner, M. (2013). *Sustainable innovation, business models and economic performance: An overview*. *J. Clean. Prod.* 45, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.08.013>
- De los Rios, I.C.; Charnley, F.J.S. (2016). *Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design*. *J. Clean. Prod.* <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.130>
- Ellen MacArthur Foundation - EMF (2013). *The Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition, vol 1*. Disponível em <<https://goo.gl/1tgfGg>>.
- Ellen MacArthur Foundation - EMF (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive europe*, Disponível em <<https://goo.gl/q4gbYh>>.
- Ellen MacArthur Foundation - EMF (2017). *Uma economia circular no Brasil: uma abordagem exploratória inicial*. Disponível em <<https://goo.gl/1bfnV1>>.
- European Committee for Standardization - CEN (2017). *Business Plan - CEN/TC 442, Building Information Modelling (BIM)*. Disponível em <<https://goo.gl/sTCcz2>>.
- European Commission (2018). *Circular economy – Implementation of the circular economy action plan*. Disponível em <<http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/>>.
- Geissdoerfer, M.; Savaget, P.; Bocken, N.M.P.; Hultink, E.J. (2017). *The Circular Economy – A new sustainability paradigm?* *J. Clean. Prod.* 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- ING (2015). *Rethinking finance in a circular economy - Financial implications of circular business model*, *Financial implications of circular business models*. Disponível em <<https://goo.gl/E3XdDL>>.
- International Energy Agency - IEA (2013). *Transition to Sustainable Buildings - Strategies and opportunities to 2050*, *lea.Org. Paris, France*. <https://doi.org/10.1787/9789264202955-en>
- Kurdve, M.; De Goey, H. (2017). *Can Social Sustainability Values be Incorporated in a Product Service System for Temporary Public Building Modules?* *Procedia CIRP* 64, 193–198. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.039>
- Lewandowski, M. (2016). *Designing the business models for circular economy-towards the conceptual framework*. *Sustain.* 8, 1–28. <https://doi.org/10.3390/su8010043>
- Melkonyan, A.; Gottschalk, D.; Vasanth, V.K. (2017). *Sustainability assessments and their implementation possibilities within the business models of companies*. *Sustain. Prod. Consum.* 12, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.04.001>
- Mentink, B. (2014). *Circular Business Model Innovation - a process framework and a tool for business model innovation in a circular economy*. *Dissertação de mestrado (Mestrado em Ecologia Industrial)*. Delft University of Technology & Leiden University. Delft, Países Baixos.

- Moschetti, R.; Brattebø, H. (2016). *Sustainable Business Models for Deep Energy Retrofitting of Buildings: State-of-the-art and Methodological Approach*. *Energy Procedia* 96, 435–445. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.174>
- Sebrae (2017). *Pensamento do ciclo de vida: negócios conscientes à caminho da sustentabilidade*. Cuiabá, MT. Disponível em <<https://goo.gl/tFayPW>>.
- Teece, D.J. (2010). *Business models, business strategy and innovation*. *Long Range Plann.* 43, 172–194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- Tonelli, F.; Evans, S.; Taticchi, P. (2013). *Industrial sustainability: challenges, perspectives, actions*. *Int. J. Bus. Inov. Res.* 7, 143–163.
- United Nations Environment Programme - UNEP (2015). *Resource efficiency as key issue in the new urban agenda - Advancing sustainable consumption and production in cities*. Disponível em <<https://goo.gl/6tB8R5>>.
- UN Habitat (2013). *Scaling-Up Affordable Housing Supply in Brazil: the ‘ My House My Life ’ Programme*. Disponível em <<https://goo.gl/3d597g>>.
- Zhao, X.; Pan, W. (2015). *Delivering Zero Carbon Buildings: The Role of Innovative Business Models*. *Procedia Eng.* 118, 404–411. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.440>
- Zhao, X.; Chen, L.; Pan, W.; Lu, Q. (2017). *AHP-ANP-Fuzzy Integral Integrated Network for Evaluating Performance of Innovative Business Models for Sustainable Building*. *J. Constr. Eng. Manag.* 143, 4017054. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001348](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001348)

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Paraná (UFPR), o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.



# ENSINO DE SUSTENTABILIDADE APLICADA A CONSTRUÇÃO CIVIL: MASSIVE OPEN ONLINE COURSES

*Nathalia Cardoso De Azevedo (nataliaca.arq@gmail.com); Lorena Victória Januário Wosch (lorenawosch@outlook.com); Lilian Cristine Witicovski (liliwiticovski@gmail.com); Ana Paula Gessi (apgessi@gmail.com); Alessandro Camargo da Silva (ssandroales@gmail.com)*

Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Engenharia da Construção Civil (UFPR-PPGECC) - Brazil

Universidade Paranaense (UNIPAR) - Brazil

**Palabras clave:** sustentabilidade, MOOC, educação em engenharia, ODS, arquitetura

*No Brasil, a pesquisa sobre ensino arquitetura/engenharia sustentável aponta que há uma lacuna a ser preenchida, no tocante ao compartilhamento do conhecimento gerado nos programas de pós-graduação. Esta investigação alerta para necessidade da preparação das gerações futuras de profissionais para adotarem em seus projetos conceitos relacionados com a arquitetura sustentável, de forma a transformar significativamente a cidade. O objetivo dessa pesquisa é propor um modelo de educação aberta no ensino superior estruturada com conhecimentos a serem disseminados de sustentabilidade aplicada à construção civil. A pesquisa é aplicada e experimental. Fundamenta-se nas discussões teóricas de sustentabilidade aplicada a construção civil, desenvolvimento sustentável, economia circular, transferência de conhecimento, educação aberta e continuada para engenheiros e arquitetos. Em fase inicial, a ideia do projeto é eleger um tema e reunir o conteúdo pesquisado sobre o tema, estruturar e organizar os diferentes fragmentos educacionais como Recursos Educacionais Abertos e estrutura-los como Massive Open Online Courses - MOOCs. A expectativa é que os MOOCs permita repensar os currículos de graduação dos cursos de arquitetura e engenharia civil para a criação de disciplinas sobre os temas inovadores.*

## 1. INTRODUCCIÓN

A globalização, juntamente com o acirramento da competição mundial, resultou numa escala de produção elevada, em função da busca pela redução dos custos. Esses fatos que trazem consigo a preocupação com as questões sociais e ambientais. Em função dessas alterações que acontecem na economia, no consumo e conseqüentemente no meio ambiente em todo o mundo, deve-se pensar na transição do ensino da arquitetura/engenharia sustentável, já que os profissionais desses cursos estão à frente de um novo contexto mundial. Para tanto, é necessário pensar, conhecer e praticar estratégias aplicadas ao desenvolvimento sustentável. Seus conceitos na arquitetura e na engenharia vêm despertando interesse tanto de profissionais ligados ao mercado da construção civil quanto da comunidade acadêmica; paradoxalmente, a produção arquitetônica no Brasil não vem sendo capaz de acompanhar essa tendência.

Quando se trata da formação universitária, a tendência é que a aprendizagem ocorra em ambientes multiculturais, flexíveis, com avaliações personalizadas, espaços individuais de aprendizagem, individualização e liberdade nos estudos e desenvolvimento por competência (ERUBRICA, 2012). Esta é uma das preocupações observadas no novo Espaço Europeu de Educação Superior (EEES) que centra o ensino e a aprendizagem dos estudantes no alcance de competências num processo de autoaprendizagem guiado pelos docentes (CEBRIÁN, ACCINO E RAPOSO, 2007). A formação universitária brasileira, especialmente na

tecnológica, se mostra como um dos campos produtivos para a investigação científica e tecnológica, com objetivo de aplicação de soluções práticas que impactem na qualidade da educação de engenheiros e arquitetos. A área em estudo apresenta conteúdos interdisciplinares, o que tradicionalmente implica dificuldades na elaboração de projetos pedagógicos e nas definições dos planos curriculares (FREITAS et al., 2010).

Este fato alerta para necessidade da preparação das gerações futuras de profissionais para a linguagem nova que a arquitetura sustentável requer, de forma a transformar significativamente a cidade. Este é um desafio das Instituições de Ensino Superior (IES) deste século XXI. Em fase inicial, a expectativa é que essa transformação permita repensar os currículos e que estimule a criação de disciplinas sobre temas de sustentabilidade para os cursos de graduação, pós-graduação e educação continuada, e que se reflète naturalmente no exercício profissional dos futuros arquitetos e engenheiros. É neste ponto que se formula as questões que orientam esta pesquisa: Como tornar sustentáveis as IES por meio do compartilhamento dos recursos e práticas abertas no ensino superior com ensino de temas emergentes? Para tanto, tem-se por objetivo propor a criação um modelo de colaboração e educação aberta no ensino superior estruturada com conhecimentos a serem disseminados de sustentabilidade aplicada a construção civil.

## **2. A UNIVERSIDADE COMO PROMOTORA DA SUSTENTABILIDADE**

O crescimento da economia no Brasil e nos países em desenvolvimento, impõe a construção de infraestrutura para atendimento a diferentes setores da sociedade que inevitavelmente geram impactos ambientais. Fato que nos estimula a abrir uma agenda de debate sobre desenvolvimento sustentável e a refletir em diferentes formas de qualificar o indivíduo e a sociedade para lidar com esta realidade (ARAUJO, 2014).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental presente na Resolução do Conselho Nacional de Educação nº 02, de 15 de junho de 2012 estabelece como necessária a promoção da educação ambiental em todos os níveis e modalidades do ensino formal (BRASIL.MEC.CNE, 2012).

### **2.1. Educação em Engenharia e a Ensino sobre Sustentabilidade**

No Brasil, as pesquisas sobre ensino de sustentabilidade em engenharia apontam que há uma lacuna a ser preenchida – pesquisa realizada na maior base de pesquisas da área - Infohab - encontrou-se como 20 artigos que abordam a formação de competência em engenharia, pouco mais de três que aborda sobre a perspectiva da sustentabilidade.

No Programa de Pós-graduação em Engenharia da Construção Civil – PPGECC – estão registradas em mais de 25 dissertações de mestrado e que tiveram resultados inseridos em leis municipais, as pesquisas sobre Eficiência Energética no Ciclo de vida das edificações; Energia e CO<sup>2</sup> embutidos em materiais de construção; Sustentabilidade ambiental aplicada às edificações; Telhados e fachadas verdes; Uso da madeira na construção civil; Projetos de Arquitetura mais sustentáveis; Modelagem BIM para análise de ciclo de vida de Edificações; Soluções e Economia circulares para edificações mais sustentáveis. No entanto, nenhum trabalho foi realizado de forma a disseminar e transferir este conhecimento aos profissionais que atuam na construção de edifícios.

Observa-se que falta uma estratégia de transferência de conhecimento e tecnologia que faça chegar aos profissionais os resultados destas investigações. Desde 2013 temos envolvidos alunos da graduação com experimentos a partir de Recursos Educacionais Abertos – REA – resultantes dos vídeos do ELECS2013. Um curso no formato de *Massive Open Online Course* – MOOC – foi lançado com a temática: “sustentabilidade – você sabe o que é? Curso ofertado em três idiomas – português, inglês e espanhol –www.recif-ufpr.net

Em 2014-2015, a temática de telhado verde foi abordada por uma pesquisa de Iniciação científica que resultou na proposta de um folheto em formato gibi e um site para que fosse disseminado em linguagem popular as pesquisas do PPGECC.



Figura 1. Gibi sobre Telhado Verde

Fonte: Produto de Informação de IC Isabel Reis (2014-2015)

A receptividade deste tipo de material aliada a necessidade de levar o conhecimento já pesquisado a todos profissionais é uma das motivações desta investigação. Em especial, para alavancar o desenvolvimento tecnológico e contribuir para a geração, absorção e difusão de inovações no uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) na educação aberta em engenharia.

Entre as situações observadas tem-se a evasão dos alunos resultante por cursos inteiros sem oportunizar disciplinas optativas - grades fechadas; a oferta de disciplina optativa sem oportunizar ao aluno a escolha do qual cursar; oferta diversificada enquanto trilhas a ser escolhida pelo aluno, mas quando a escolha ocorre e tem menos de 10 alunos, a disciplina é cancelada, motivada pela necessidade de aproveitar os recursos disponíveis - humanos, tecnológicos, físicos, estruturais. Frente ao cenário enumera-se fatores que motivam a realização desta pesquisa:

- A relevância do tema para a o desenvolvimento econômico e tecnológico da indústria da construção civil do Brasil;
- A ausência de pesquisas numa perspectiva histórica e econômica sobre a formação de competência em sustentabilidade para profissionais que atuam na construção de edifícios;
- A possibilidade de o estudo contribuir para ampliar a visibilidade acerca dos limites e oportunidades de atuação das Universidades no âmbito nacional e internacional;
- Para superar o atraso tecnológico e contribuir com o desenvolvimento do país e em particular com o desenvolvimento equilibrado entre os estados, medidas a serem tomadas de modo a contribuir para a geração de inovações e ampliar a competitividade das indústrias.

Braga et al (2005) observa que a formação do engenheiro no Brasil tem como foco a resolução de problemas. A inserção deste profissional no contexto global com atenção as questões ambientais é quase que obrigatória para torna-lo um cidadão preocupado com o futuro. No caso, a formação do arquiteto e do engenheiro civil deve ser orientada a que estes se tornem agentes transformadores do ambiente natural em ambiente construído, pela elaboração e execução de projetos arquitetônicos e urbanísticos. A diversidade de atuações destes profissionais no mercado de trabalho permite aos mesmos, intervenções ambientais, sociais e econômicas de todos os portes. Razão para que seja discutida o ensino de sustentabilidade ambiental desde a graduação orienta a inquietação continua quando tratar-se desta temática.

## 2.2. A Construção Civil versus Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM).

A indústria da construção civil gera impactos sobre a economia e o meio ambiente pois consome recursos naturais, emite de gases e líquidos poluentes e gera um grande volume de resíduos sólidos. Desta forma, pequenas alterações na maneira como ela é conduzida podem promover mudanças significativas na eficiência ambiental da edificação e na redução de gastos operacionais (SOUZA et al, 2010).

Os impactos gerados pela atividade da construção civil são muito significativos, a questão da sustentabilidade ganha relevância neste contexto. A postura de arquitetos e engenheiros civis frente a esta problemática, desde a concepção do projeto, passando pela sua execução e os impactos gerados pela utilização destas edificações, reflete-se diretamente na produção do ambiente construído mais sustentável. Os desafios de sustentabilidade firmam-se cada vez mais como necessidades urbanas no decorrer da evolução do pensamento técnico-científico. As modificações na biosfera, a exemplo de fenômenos como as ilhas de calor urbano e de aumento da concentração dos gases do efeito estufa despertam a necessidade de se repensar imediatamente o ambiente urbano e as suas edificações (LAMBERTS et al, 2010).

No ano de 2015, o governo brasileiro conclui as negociações que culminaram na adoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), por ocasião da Cúpula das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável. Processo iniciado em 2013, seguindo mandato emanado da Conferência Rio+20, os ODS devem orientar as políticas nacionais e as atividades de cooperação internacional nos próximos quinze anos, sucedendo e atualizando os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Dentre os 17 objetivos elencados, destaca-se o objetivo 11 que discorre sobre tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. O objetivo 11 cita as seguintes metas (BRASIL, 2016):

- até 2030, garantir o acesso de todos a habitação adequada, segura e a preço acessível, e aos 11 serviços básicos, bem como assegurar o melhoramento das favelas;
- até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos;
- até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e a capacidade para o planejamento e a gestão participativa, integrada e sustentável dos assentamentos humanos, em todos os países;
- o fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo;
- até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e diminuir substancialmente as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao produto interno bruto global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade;
- até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros;
- até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, em particular para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência;
- apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, peri-urbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento; até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e



assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação à mudança do clima, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis;

- apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.

É necessário estimular as atitudes ambientalmente sustentáveis na construção civil tomadas por profissionais de arquitetura e engenharia. Os valores relativos às mudanças de comportamento devem estar intrínsecos nesses profissionais. As IES são responsáveis por apresentarem e induzirem discussões a respeito da sustentabilidade ambiental, que de uma maneira ampla vá sanar as perdas no setor da construção e estruturar uma proposta de construções mais sustentáveis.

A Arquitetura e Engenharia Civil são áreas profissionais criativas e envolvem competências científicas, tecnológicas, econômicas, de animação e gestão de organizações. Encontram-se associadas a um papel de chefia de atividades humanas, com alto grau de responsabilidade econômica e social, fatores esses que ressaltam a ligação entre ciência, tecnologia e sociedade. Neste panorama, verifica-se a necessidade de mapear tais competências, averiguando as lacunas existentes entre a formação profissional e aquelas apontadas como essenciais para a implementação dos conhecimentos aplicados a sustentabilidade no ambiente construído, como também àquelas onde profissionais da Arquitetura e engenharia já percebem como possuidores e aplicam nas suas tarefas rotineiras.

A educação é um dos caminhos para introduzir os conhecimentos sobre sustentabilidade nos agentes envolvidos no processo. Em relação aos projetistas, é necessária a atualização dos currículos de graduação e pós-graduação para incorporar conceitos de sustentabilidade nos cursos de arquitetura e engenharia para a formação de projetistas e gerenciadores capazes de evitar problemas (CSILLAG, 2007). Fato que requer agilidade frente as problemas mundiais pelo uso indiscriminado dos recursos naturais.

A proposta é adotar conceitos de educação aberta no ensino superior começa por oportunizar flexibilidade da escolha da disciplina pelo estudantes, seguida pelo acesso à educação formal sem custo. No entanto, a flexibilidade na admissão do aluno não significa facilidade. Esses modelos adotam um rigor no processo de aprendizagem e nas exigências de certificação ao final do curso – valorizando a qualidade da aprendizagem. Para ser mais ágil esta pesquisa sugere a oferta de cursos em plataforma de ensino online.

### **2.3. Massive Open Online Courses - MOOCs**

Assim cabe as TICs utilizadas ser a ferramenta eficaz na disseminação do conhecimento e transferência de tecnologia. Este tipo de modalidade de ensino conta com conceitos de MOOCs (Massive open online courses) que são cursos online abertos e massivos disponíveis de forma gratuita (Recursos Educativos Abertos – REA) para todas as pessoas em qualquer lugar do mundo. Estes recursos são utilizados nas práticas de ensino e treinamento na aquisição das competências dos profissionais envolvidos ao mesmo tempo que possibilita a interação entre eles.

Os cenários vigentes no ensino superior estão direcionados para um formato que combina três princípios básicos: online, aberto e massivo (CORMIER; SIEMENS, 2010; BOXALL, 2012; SANDEEN, 2013; STARK; POPE, 2014). A maioria dos MOOCs são oferecidos por meio de plataformas existentes e baseadas na Web ou iniciativas colaborativas com universidades para fornecer cursos e em várias áreas. Os MOOCs baseados na aprendizagem em rede a baseiam-se na teoria conectivista (Vázquez-Cano et al, 2013; AL-ATABI; DEBOER, 2014).



Nestes cursos, o conteúdo é mínimo, e o princípio fundamental é a rede de aprendizagem em um contexto adequado – da autonomia do aluno – buscar, criar e compartilhar informações com os demais, no contexto da aprendizagem compartilhada (QUICIOS; SEVILLANO, 2012). Mallmann et al. (2014) destaca as principais características dos MOOCs, sejam elas: mediado por ambientes virtuais de aprendizagem; não exige pré-requisitos; oportunidades de aprendizagem; potencializa a interatividade, interação, inovação, escalabilidade, produção colaborativa e; requer fluência tecnológica-pedagógica.

Portanto, a respeito dos MOOCs conclui-ser que:

- Inaugurou uma era de acesso global à educação onde as pessoas em qualquer parte do mundo, com uma conexão à Internet, podem acessá-los.
- Tem o potencial de reduzir significativamente as barreiras na educação, pois, muitos professores (*Educause Learning Initiative*, 2013) observaram que com um único MOOC eles chegaram mais alunos do que em todos os seus cursos anteriores combinados.
- Oferece ferramentas para o aprendizado sob a ótica da educação online.
- Incentiva as instituições a buscarem parcerias e colaborações, possibilitando assim a formação de uma rede e relações entre alunos e várias faculdades e universidades.

Assim, os MOOCs visam proporcionar componentes tecnológicos de interação entre os participantes em um ambiente educacional online, especialmente porque em um curso tipo MOOCs o número de alunos é imprevisível. A integração das TICs no processo ensino-aprendizagem, com a abordagem didática adequada, favorece a aprendizagem e o desenvolvimento dos alunos. Além disso, entende-se que os MOOCs representam a democratização da educação, tornando-a mais acessível para um maior número de pessoas.

Um curso no formato de MOOCs permite ser formulado e avaliado baseado em competência - há inclusive ferramentas tecnológicas que reúnem conceitos de colaboração com esta finalidade - Corubrica ( ). Perrenoud define “uma competência como a aptidão para enfrentar um conjunto de situações análogas, mobilizando de uma forma correta, rápida, pertinente e criativa, múltiplos recursos cognitivos: saberes, capacidades, micro competências, informações, valores, atitudes, esquemas de percepção, de avaliação e de raciocínio”. Acrescente competência digital docente é a habilidade de buscar a informação, processar e usar informação e comunicação, criar conteúdo e atividades pedagógicas com o uso das TIC, conhecer e aplicar segurança e resolver problemas, tanto em contextos formais quanto em informais (Perin, 2017).

### 3. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A pesquisa é aplicada e experimental. Será, em todas as suas vertentes, aplicada a reunir o conhecimento sobre sustentabilidade para promoção do desenvolvimento profissional de engenheiros e arquitetos para conhecerem sobre as funcionalidades do telhado verde, análise do ciclo de vida, gestão de resíduos sólidos urbanos e os princípios da economia circular. O alcance do objetivo, de desenvolver um método, envolve a proposição de um modelo de sistema dinâmico que possibilitará reunir diferentes instituições e seus pesquisadores para ofertarem de forma aberta cursos sobre estas temáticas.

Nesse sentido, a referida pesquisa fundamentar-se-á nas discussões teóricas de sustentabilidade aplicada a construção civil, desenvolvimento sustentável, economia circular, transferência de conhecimento, educação aberta e continuada para engenheiros e arquitetos.

A fim de atender os objetivos está sendo realizada uma revisão da literatura acerca de temas como: gestão do conhecimento, formação de competências, prática educacionais de ensino; *smart university*, *smart learning environment*, recursos educacionais abertos, tecnologias

inovadoras, em especial os recursos tecnológicos de educação aberta, com destaque para a interação entre a produção científica e o desenvolvimento tecnológico aplicado à educação.

Após a pesquisa bibliográfica, parte-se para eleger a plataforma dos cursos, formação da equipe sobre competência docente digital, escolha dos temas dos primeiros MOOCs a ser ofertado em sustentabilidade aplicada à Construção civil e a forma de disseminação de suas investigações – produtos, artigos, cursos, etc. (\*andamento).

A escolha da plataforma é para realizar experimento de desenhar, desenvolver, disseminar e validar um protótipo de curso com foco na formação de uma competência em sustentabilidade ambiental aplicada a construção civil – esta etapa consta de um programa de formação baseada em competência para todos os professores que vão disponibilizar seus conteúdos no formato de MOOCs.

Análise dos resultados conduz a criação de um observatório com vistas a formação de uma rede de compartilhamento de práticas de “edificações mais sustentáveis” de âmbito nacional e quiçá ibero-americana – disseminar a ideia para outras áreas do conhecimento como uma prática de otimização de recursos públicos que atende ao jovens que nasceram junto ou depois da Internet.

#### **4. DISCUSSÃO EM ANDAMENTO**

A pesquisa encontra-se em andamento, na fase de formação dos professores, com potencial de impacto dos resultados do ponto de vista técnico-científico, de inovação, difusão, socioeconômico e ambiental

Além disso, buscar-se-á manter um registro do material didático produzido pelos docentes da Instituição, sendo que esta proposta passa pelo aprendizado e prospecção das práticas e/ou políticas utilizadas para desenvolver as competências docentes para colaborar em rede. Obter conhecimentos para orientação desde os procedimentos de documentação de uma prática docente, a criação de um recurso educacional aberto até o depósito em repositórios educacionais abertos com seu devido registro em espaços de domínio público.

Além disso, aprofundamento no processo de busca e recuperação de conteúdos informacionais e recursos tecnológicos educacionais que possam ser utilizados em atividades acadêmicas - detalhando uso, adequação, aplicação e compartilhamento com pares em diferentes tecnologias.

Este projeto contribuirá com o entendimento e proposição de formas diferentes de ensino para serem utilizadas nas IES, bem como com a busca de informações que contribuam para o entendimento do processo inovativo na educação, assim como de novas condições institucionais que exerçam influência sobre ele; e ainda contribuem para a evolução do conhecimento acadêmico na área.

No aspecto econômico, espera-se contribuir com formação de competências dos futuros profissionais brasileiros de construção e na entrega de um modelo de educação aberta, que permita que outras instituições e níveis educacionais se baseiam nele e o apliquem.

Ao se tratar da esfera científica, almeja-se que este projeto auxilia na compreensão dos principais desafios estratégicos que deverão ser enfrentados por quem por mudanças nas estruturas educacionais e nas formas de ensino. Além disso, o projeto contribuirá com a comunidade acadêmica, visto que por meio da literatura será construído um modelo teórico pautado na relação foco de estudo.

Lista-se abaixo as principais contribuições científicas (C) e tecnológicas (T) para utilizar o conceito de rede de colaboração para Educação ABERTA:

- a tendência crescente da necessidade de aprendizagem ao longo da vida, requer estudos de ferramentas que ajudem a gestão das competências existentes e que precisam ser desenvolvidas para êxito na vida profissional (C).
- a aplicação educativa das tecnologias compartilhadas permite desenvolver e experimentar novos cenários de inovação ao ampliar as fronteiras pedagógicas pela interoperabilidade das ferramentas, conteúdos e interfaces (C,T).
- buscará e experimentará novas modalidades metodológicas sem que a tecnologia limite seus modelos práticos (C).
- permitirá ampliar investigação na busca de soluções tecnológicas para tornar os entornos pessoais de aprendizagem (PLE) mais flexíveis (C,T).
- a necessidade de ter um marco tecnológico que transcenda a uma única instituição e possibilite a criação e compartilhamento de conteúdo, estratégias didático-pedagógicas em comunidades de práticas, na forma de rede de confiança(C,T).
- romperá barreiras tecnológicas ao compartilhar recursos e ferramentas entre as IES, facilitando a mobilidade do indivíduo (T).
- consolidará os grupos de pesquisadores das IES brasileiras como investigadores na temática de informação e sustentabilidade, tecnologias inovadoras na educação aberta, formação de competência, comunidades de práticas e gestão do Conhecimento.

Finalmente, a necessidade de realizar este projeto visa acumular conhecimento sobre a INFORMAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, colocando a prova o processo de transferência de conhecimento numa situação real de trabalho, onde os pesquisadores de um grupo produzem e compartilham - de uma forma transparente – suas pesquisas na forma de REA e MOOC.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estamos na fase de prototipagem do primeiro curso que tem como tema : economia circular.

Como dito, em fase inicial, espera-se que realizada todas estas etapas tenhamos o objetivo geral atendido. As informações coletadas serão organizadas e servirão de referência para elaboração de uma proposta de ações que favoreçam a aprendizagem e possibilite a multiplicação entre IES e as inovações desenvolvidas que sejam partilhadas entre os participantes do projeto.

Dentro da Rede os participantes distribuíram as ferramentas tais como: Wiki, ferramenta de Gestão de Projetos, *Fórum*, *Foodle* (ferramenta de apoio à decisão), instrumento de avaliação de usabilidade, *CoRubric*, *Videoanotacion* entre outros recursos. Estes recursos são compartilhados e, cada participante acessa com uma única autenticação e senha institucional (ACCINO, CEBRIÁN, 2009).

Estas ideias abrem a possibilidade de investigar desde a geração de políticas estratégicas de informação até a formação de comunidades de práticas (gestão do conhecimento), bem como tem ênfase no estímulo a criação de produtos de informação (REAs). A gestão destes conteúdos em plataformas tecnológicas vão gerar metadados, ontologias entre outras inovações tecnológicas.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Accino, J. A.; Giralt, V.; Cebrián, M. (2007) *Federated e-learning platform*. Terena EuroCAMP, Dubrovnik.
- Accino, J.A, Cebrián, M. (2008). *La plataforma es la red: Aprendizaje centrado en el usuario y arquitecturas centradas en la identidad*. In: Rev. Boletín de Rediris. N. 84.
- Al-Atabi, M.; Deboer, J. (2014). *Teaching entrepreneurship using Massive Open Online Course (MOOC)*. *Technovation*, v. 34, n. 4, p. 261-264.

- Araujo, E. R. (2014). *Sustentabilidade e engenharia ambiental: desafios na formação do profissional cidadão*. In: *Congresso Brasileiro de ensino em Engenharia - COBENGE 2014*, Juiz de Fora.
- Boxall, M. (2012). *MOOCs: a massive opportunity for higher education, or digital hype?* *The Guardian Higher Education Network*, August 8, 2012.
- Boxall, M. (2012). *MOOCs: a massive opportunity for higher education, or digital hype?* *The Guardian Higher Education Network*.
- Braga, B. et al. (2005). *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo: Pearson Prentice Hall.
- BRASIL. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Ministério das Relações Exteriores. Brasília. 2015. Disponível em: <<http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/134-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-ods>>. Acesso em: 15/05/2018.
- Cebrian, M., Accino, J.A. e Raposo, M. (2007). *Formative evaluation tools within European Space of Higher Education (ESHE): e-Portfolio and e-rubric*. EUNIS Conference. Grenoble (Francia).
- Educause Learning Initiative. (2013). *ELI 7 things you should know about MOOCs II*. Educause. 2013.
- <<https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7097.pdf>>.
- Erubrica. (2016). Disponível online em: [http://resib.uma.es/?page\\_id=319](http://resib.uma.es/?page_id=319).
- Freitas et al. (2010). *La actividad de docencia en clase mediada por la TIC: proyecto de educación continuada para arquitecto e ingeniero*. Congreso Internacional: Usos y buenas prácticas con TIC.
- Freitas, M.C.D. (1999). *Um ambiente de aprendizagem pela Internet aplicada na Construção Civil*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis..
- Freitas, M.C.D.; Schmid, A. L.; Tavares, S.F. (2014). *Estratégia na comunicação científica na forma de vídeo pôster*. In: Teixeira, Borba. (Org.). *Administração, Direito e Tecnologia: a serviço da cidadania*. 1ed. Curitiba: Instituto Memoria, v. 1, p. 220-246.
- Lamberts, R.; Ghisi, E.; Pereira, C.D.; Batista, J.O. (2010). *Casa eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Mallmann, E.M. et al. (2014). *Implementação de Massive Open Online Courses (MOOC) no âmbito DE programas institucionais de capacitação em ambientes virtuais*. ESUD XI Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distancia, Anais..., Florianópolis/SC.
- Murphy, K.; Munk, P.L. (2013). *Continuing medical education: MOOCs (Massive Open Online Courses) and their implications for radiology learning*. *Canadian Association of Radiologists Journal*, v. 64, n. 3, p. 165.
- Paixão, D.; Freitas, M.C.D.; Silva, C.R.O. E. (1999). *O uso das ferramentas web como proposta para ofertar disciplinas de acústica - parceria entre universidades do Brasil*. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO AMBIENTAL E ACÚSTICA - ENCAC 99, 1999, Fortaleza/CE.
- Quicios, M. P. G; Sevillano, M. L. G. (2012). *Indicadores del uso de competencias informáticas entre estudiantes universitarios. Implicaciones formativas y sociales*. *Revista Interuniversitaria*, v. 24, n. 1, p. 151-182, 2012. Disponible en: <<https://goo.gl/fe32Wq>>.
- Siemens, G. (2008). *¿Qué tiene de original el conectivismo?* Disponível em:  
<<http://humanismoyconectividad.wordpress.com/2009/01/14/conectivismo-siemens/>>.
- Siemens, G. (2010). *A informação torna-se conhecimento através das conexões*. Disponível em:  
<<http://www.educare.pt/educare/Educare.aspx>>.
- Siemens, G. (2004). *Conectivismo: uma teoria de aprendizagem para a idade digital*. Disponível em:  
<[http://wiki.papagallis.com.br/George\\_Siemens\\_e\\_o\\_conectivismo](http://wiki.papagallis.com.br/George_Siemens_e_o_conectivismo)>.

- Siemens, G. (2006). *Connectivism: learning theory or pastime of the self-amused?* elearnspace. Disponível em <[http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism\\_self-amused.htm](http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism_self-amused.htm)>.
- Siemens, G. (2003). *Learning ecology, communities, and networks: extending the classroom.* elearnspace. Disponível em <[http://www.elearnspace.org/Articles/learning\\_communities.htm](http://www.elearnspace.org/Articles/learning_communities.htm)>.
- Sousa, C. R.; Abrahão, R. C.; Freitas, M. C. D.; Tavares, S. F. ; Krueger, J. A.; Mendes Junior, R. (2010).. *Panorama dos currículos de arquitetura e engenharia civil sobre a inserção da temática sustentabilidade.* In: Silva, J. J. R.; Sattler, M. A. (Org.). *Sustentabilidade do ambiente construído. O que você tem com isso?*. 1ed.Recife PE: ANTAC, v. 1, p. 220-232.
- Stark, C. M.; Pope, J. (2014). *Massive Open Online Courses: how registered dietitians use MOOCs for nutrition education.* *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, [s.l.], v. 114, n. 8, p.1147-1155. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24842306>>.
- Tikhomirov, V.. (2015). *Development of strategy for smart University.* In: *Open Education Global Conference.*
- Vasquez-Cano, E., Meneses, E.L., Sanchez-Serrano, J. L.. (2013). *La expansión del conocimiento en abierto: los MOOC.* Barcelona: Octaedro-ICE-UB, 119 págs. ISBN 978-84-9921-433-7
- Zhu, Z.; Yu, M.; Riezebos, P. (2016) *A research framework of smart education.* *Smart Learning Environments*, [s.l.], v. 3, n. 1, p.1-17. Disponível em:
- <<https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-016-0026-2>>. Acesso em: 26 maio. 2018.

## 7. AGRADECIMIENTOS

A Fundação Araucária, Capes e aos gestores da Universidade Federal do Paraná e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.



# 8

## **Evaluación de la sostenibilidad.**

## CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL URBANA SELO LABVERDE II

Deize Sanches (deizesanches@usp.br)

Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (USP-FAU) - Brazil

**Palavras chave:** critério de avaliação, qualidade ambiental urbana, Selo LABVerde II, Município de Itu.

*A partir das três últimas décadas, os governos mundiais passaram a se preocupar com meios legais de defesa contra a degradação ambiental e com o controle da expansão urbana sem planejamento. O lançamento do conceito do desenvolvimento sustentável em meados da década de 1980 e sua popularização após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, foi um dos principais desafios para a mensuração da qualidade ambiental urbana. A pesquisa tem como objetivo a elaboração de indicadores ambientais e sociais para desenvolver projetos urbanos sustentáveis nas cidades brasileiras. Seguindo uma linha cronológica internacional, foram analisadas diferentes certificações ambientais urbanas: AGENDA 21, LEED-ND, BREEAM Communities, HQE2R e o SBTTool PU, e realizado um quadro comparativo entre elas, tendo como resultado a elaboração de uma lista de indicadores ambientais e sociais e a formatação do Selo LABVerde II. Este foi aplicado no Município de Itu - localizado à oeste do Estado de São Paulo, obtendo como resultado 52 pontos, o que lhe proporcionou um Selo em Desenvolvimento - Selo Vermelho. Os resultados obtidos foram identificados a partir de três eixos estruturadores; ecológico, hídrico e cultural, assim como a mobilidade urbana. A aplicação do Selo LABVerde II na cidade de Itu, permite a identificação das necessidades e das interações entre o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e cultural, e a satisfação das necessidades do ser humano. A partir de então, ele possibilita criar diagnósticos e diretrizes para a elaboração de projetos urbanos sustentáveis. Entre outros aspectos, esta análise facilita a criação de um processo de modificações no qual estarão previstas, em termos gerais, a redução da exploração de recursos naturais, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais que deverão ser feitas conscientemente para atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras.*

### 1. INTRODUÇÃO

A partir das três últimas décadas, os governos mundiais passaram a se preocupar com meios legais de defesa contra a degradação ambiental e com o controle da expansão urbana sem planejamento.

O lançamento do conceito do desenvolvimento sustentável em meados da década de 1980 e sua popularização após a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio-92, foi um dos principais desafios para a mensuração da qualidade ambiental urbana a partir de indicadores ambientais, pois estes também seriam critérios essenciais para subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável.

De maneira geral, um indicador deve traduzir fielmente a situação que se pretende aferir ou monitorar. Ele irá informar a situação de um determinado momento, processo ou situação, permitindo que a tomada de decisão seja baseada em informações reais. Porém é necessário primeiramente um levantamento de dados do local e a sua elaboração seja realizada da maneira mais correta possível. É um meio encontrado para reduzir uma ampla

quantidade de dados a uma forma mais simples de informação, retendo o significado essencial do que está sendo perguntado.

Apesar dos indicadores colaborarem na obtenção de problemáticas ambientais e sociais da área de estudo, eles possuem algumas limitações, como por exemplo: a simplificação dos resultados nem sempre demonstra todas as relações de um determinado fenômeno, as informações para o indicador ideal nem sempre estão disponíveis, muitos indicadores se tornam desatualizados perante as rápidas mudanças ambientais, sendo sujeitos a variações de um período para outro por razões naturais, podem surgir diferentes interpretações relacionados aos indicadores, entre outras.

A Agenda 21, uma Legislação de abrangência mundial, tem um importante reconhecimento como pioneira no desenvolvimento sustentável das cidades. Assinada em 1992 por 178 países, é um documento composto de 27 princípios e 40 capítulos distribuídos em 4 seções, formulado para orientar investimentos nos setores ambientais, econômicos e sociais com princípios sustentáveis e promover a qualidade do ambiente urbano em harmonia com o ser humano.

Na Agenda 21 brasileira, o que se busca é uma integração entre transformações produtivas, equidade social e redução da degradação ambiental (HADDAD, 2002)<sup>105</sup>, onde foram selecionadas seis áreas temáticas para compor os requisitos sustentáveis: Agricultura Sustentável, Cidades Sustentáveis, Infraestrutura e Integração Regional, Gestão dos Recursos Naturais, Redução das Desigualdades Sociais e Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Sustentável. A escolha desses temas centrais foi feita de modo a abarcar a complexidade do Brasil e suas regiões dentro do conceito da sustentabilidade ampliada. Com efeito, são dimensões da realidade brasileira que estão presentes no processo de construção da Agenda 21.

Na pesquisa em desenvolvimento foram abordados, dentre os 40 capítulos da Agenda 21, apenas aqueles relacionados aos aspectos sociais e ambientais, onde serão aplicados como indicadores de qualidade ambiental no projeto urbano. Os indicadores foram selecionados da tese de doutorado de (SILVA, 2000)<sup>106</sup> e analisadas as possibilidades de ações relacionadas aos aspectos socioambientais descritos na Agenda 21. Os requisitos apresentados abrangem as categorias - ar, solo, água, vegetação, mobilidade, saúde, comunidade, educação e resíduos; e foi desenvolvido para ser aplicado em qualquer ambiente urbano.

Na década de 1990, a consciência ecológica se fortalece com os princípios da AGENDA 21 e surgem os primeiros instrumentos de avaliação da qualidade ambiental urbana aplicada em projetos arquitetônicos nos países da Europa, Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão. A necessidade de avaliar quão eficiente eram suas construções e a necessidade de quantificar e qualificar os investimentos e benefícios das modernas edificações sustentáveis fez com que os programas de avaliação ambiental se difundissem mundialmente.

A estratégia para implementação da pesquisa sobre avaliação da qualidade ambiental do edifício no Brasil se deu com o BRAiE - Programa Nacional de Avaliação de Impactos Ambientais de Edifício, coordenada pela UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas, que contempla a formação de uma rede nacional de pesquisa que, após o delineamento

---

<sup>105</sup> HADDAD, 2002 - HADDAD, Paulo R. Processo de Elaboração – Texto Informativo - Agenda 21 Brasileira – Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional – Secretaria-Executiva, abril 2002.

<sup>106</sup> SILVA, 2000 - SILVA, Sandra R. Mota. Indicadores de Sustentabilidade Urbanas – Perspectivas e as Limitações de Operacionalização de um Referencial Sustentável. Dissertação de mestrado da Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2000.

inicial da metodologia no estado de São Paulo, seria gradualmente implementada para validação em outras regiões do país. (SILVA; SILVA; JOHN; AGOPYAN; 2000)<sup>107</sup>

Após esse interesse mundial em métodos de avaliação ambiental do edifício, surge uma nova preocupação; avaliar a qualidade ambiental do ambiente urbano; o sítio.

Em 2002, o BRE – Building Research Establishment em parceria com o SEEDA - South East England Development Agency (Agência de Desenvolvimento Sudeste da Inglaterra) cria um guia de planejamento sustentável urbano, contendo uma listagem de requisitos socioambientais para aplicar em novos empreendimentos urbanos e obter a qualidade ambiental adequada, o BRE Checklist considera os aspectos sociais, ambientais e econômicos de sustentabilidade do ambiente urbano, sob os seguintes itens: utilização do solo, forma e desenho urbano; transportes; energia; impacto de edifícios; recursos naturais; ecologia; questões comunitárias e negócios.

O Ecohomes, o BREEAM e o Secured by Design (Segurança através do Design) são ferramentas que avaliam a sustentabilidade de projetos individuais de novas casas e edifícios, já o BRE Checklist complementa estes por olhar para questões relevantes na dimensão urbana de desenvolvimento, ajudando profissionais, autoridades locais e outras partes interessadas a produzir comunidades sustentáveis.

EM 2012, a partir do BRE Checklist, se concretiza a certificação ambiental urbana BREEAM COMMUNITIES<sup>108</sup>, como uma maneira de melhorar, medir e certificar a sustentabilidade social, ambiental e econômica, de grande escala, e propor planos de desenvolvimento, integrando design sustentável ao processo de planejamento urbano. Ele é adequado para desenvolvimento urbano suscetível aos impactos significativos sobre as comunidades existentes, infraestrutura ou a prestação de serviços locais. A certificação pode ser aplicada a novas comunidades com uso misto, ou uso único de grande dimensão, para projetos de regeneração, onde necessitem de planos para adequação do tecido urbano e pode ser utilizado tanto internacionalmente como no Reino Unido.

A USGBC - United States Green Building Council em 2003 expandiu seu alcance, ultrapassando a dimensão do edifício único para avaliar e certificar o desenvolvimento de loteamentos, urbanismo e equipamentos comunitários com o certificado LEED for Neighborhood Development (Liderança em Energia e Design Ambiental para o Desenvolvimento do Bairro). A ideia de aproveitar o LEED, uma norma verde para além do domínio da arquitetura e do desenho para o desenvolvimento urbano, tomou forma com a colaboração do CNU - Congresso para o Novo Urbanismo e o Conselho de Defesa dos Recursos Naturais - dois grupos distintos com sobreposição de interesses. O documento de referência do Congresso do Novo Urbanismo foi a Carta do Novo Urbanismo elaborada nos EUA em 1996 e estabelecida por profissionais cujo objetivo era de formalizar um enfoque para o urbanismo explorando as possibilidades reais do desenvolvimento das cidades norte-americanas.

Após mais de quatro anos de elaboração e revisão desta nova certificação, uma comissão de representantes do LEED ND, lançou uma versão final da sua classificação padrão. O LEED ND avalia nos projetos uma lista de requisitos, incluindo a localização inteligente e integrada, a infraestrutura verde, o desenvolvimento compacto, o uso misto nos bairros, a redução da dependência do automóvel, a proximidade da habitação e do emprego, a

<sup>107</sup> SILVA; SILVA; JOHN; AGOPYAN; 2000 - SILVA, V. G.; SILVA, M.G.; JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. Perspectives for development of environmental assessment of buildings in Brazil. In: Sustainable Buildings 2000/GRC 2000 Section. Proceedings. Maastricht, NOVEM/CIB/GBC, October, 2000.

<sup>108</sup> BREEAM COMMUNITIES - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT GLOBAL.SD5065 Technical Guidance Manual.BREEAM for Communities Assessor Manual Development Planning Application Stage.BRE Global Ltd. Inglaterra, 2009.

eficiência energética e uma série de outras medidas. O LEED ND configura-se num de total 100 pontos base mais 6 de Inovação e Processo de Design e 4 de Prioridades Regional. A classificação se faz da seguinte maneira: Certificadas de 40-49 pontos, Prata 50-59 pontos, Ouro 60-79 pontos e a platina 80 pontos para cima.

O plano inicial era aceitar 120 projetos, mas cerca de 400 projetos manifestaram interesse na fase piloto. Desses, 238 acabaram apresentando seus pedidos. Os projetos aceitos representam 39 estados e seis países, embora a maioria esteja localizada principalmente na Califórnia - EUA. O programa-piloto foi finalizado em 2009 (USGBC, 2003)<sup>109</sup>.

Com as informações obtidas da certificação LEED ND<sup>110</sup> foi desenvolvido uma síntese com os requisitos socioambientais necessários para a elaboração de projetos urbanos sustentáveis.

De 2001 a 2004 temos o desenvolvimento do HQE2R (Alta Qualidade Ambiental em Economia e Renovação) - um projeto de sustentabilidade ambiental para áreas que necessitam de renovação urbana coordenado pelo CSTB - Centro Científico e Tecnológico de Bâtiment na França. O objetivo do projeto é desenvolver uma nova abordagem em conjunto com as ferramentas necessárias para promover o desenvolvimento sustentável e a qualidade de vida no crucial e desafiador nível de subúrbios. O HQE2R visa proporcionar ferramentas para melhorar a qualidade ambiental dos municípios e seus subúrbios, concentrando-se nas metas dos habitantes e usuários dos bairros. Os principais objetivos do HQE2R são: proporcionar e disseminar uma nova abordagem reproduzível com métodos operacionais e ferramentas para uma renovação do planejamento urbano; melhorar a qualidade de vida nos bairros, especialmente tendo em conta as necessidades dos usuários, bem como melhorar a qualidade do ambiente; e integrar o desenvolvimento sustentável na renovação urbana, sobretudo por gestão e reciclagem dos recursos (água, energia, materiais, etc) e por uma melhor utilização do espaço urbano (através da limitação ou gestão urbana e da melhor localização das funções urbanas).

O sistema internacional SBTool (Sustainable Building Tool) é uma ferramenta de abrangência internacional de avaliação e certificação do desempenho de edifícios e projetos em matéria de sustentabilidade elaborada no Canadá. Avalia o desempenho de um edifício pelas práticas sustentáveis e convencionais, se destacando como método inovador. A avaliação é efetuada segundo um conjunto de indicadores agregados por categorias segundo as três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e econômica.

A primeira adaptação do SBTool internacional à realidade portuguesa resultou no sistema de certificação da construção sustentável para edifícios de habitação SBTool<sup>PT</sup> - H, processo conduzido pela Associação iiSBE Portugal e no final de 2013, o SBTool<sup>PT</sup> lança uma versão para o Planejamento Urbano, o SBTool<sup>PT</sup> PU.

De acordo com Bragança et al. (2013)<sup>111</sup>, a ferramenta SBTool<sup>PT</sup>PU abrange doze categorias sob o escopo das principais dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica). Além disso, uma categoria extra é considerada, abrangendo a sustentabilidade de edifícios e as tecnologias de informação e comunicação. Os 41 indicadores incluídos nessa ferramenta, bem como as respectivas categorias e dimensões, são utilizados na

---

<sup>109</sup>USGBC, 2003 - Leadership in Energy & Environmental Design.Green Building Rating System Version 2.1.USA, 2002.

<sup>110</sup> LEED-ND - LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN. LEED 2009 For Neighborhood Development.Washington: The U.S. Green Building Council, Inc., 2009.

<sup>111</sup> Bragança et al. (2013)<sup>111</sup> - BRAGANÇA, L. et al. Approaching Sustainability in Built Environment. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDING ASIA, Seul, 2013. Proceedings... Seul, 2013.



pesquisa. A metodologia apresenta ainda, para cada indicador, o processo de avaliação, os valores adotados para cada critério e os valores correspondentes à melhor prática.

Já no início de 2008, preocupado com as problemáticas sociais, ambientais e econômicas das áreas urbanas, o LAB-VERDE, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, criou o experimento Selo LABVerde destinado à avaliação e certificação ambiental das cidades com ênfase em Localização Sustentável. Os indicadores deste selo baseiam-se nos princípios da Agenda 21 e do Protocolo de Kyoto e percorrem várias escalas de atuação, dependendo do projeto em análise. De maneira geral, os projetos são vistos por meio de parâmetros das áreas de: Planejamento e Gestão Ambiental na escala regional (20 pontos), Desenho Ambiental nas escalas urbana (20 pontos) e setorial (30 pontos) e Projeto Sustentável na escala local (30 pontos). A certificação é aplicada em quatro níveis: desenvolvimento, eficiência, qualidade e excelência. Os projetos só são aprovados e recebem os selos LABVerde e atingirem no mínimo 34 pontos. A avaliação classifica os projetos da seguinte forma: pontuação de 0 a 34 pontos – reprovado (sem selo); de 35 a 54 pontos – em desenvolvimento (selo vermelho); de 55 a 69 pontos – eficiência (selo dourado); de 70 a 89 pontos – qualidade (selo azul); de 90 a 100 pontos – excelência (selo verde).

## 2. OBJETIVOS

Análise de diferentes indicadores de qualidade ambiental urbana e a elaboração de um critério de avaliação da qualidade ambiental urbana para realizar projetos urbanos sustentáveis nas cidades brasileiras, com o intuito de resgatar novos indicadores socioambientais e culturais para as cidades brasileiras, e possibilitar a aplicação de um critério mais eficaz nas áreas urbanizadas.

## 3. PROCESSO METODOLÓGICO

Após uma revisão bibliográfica das certificações de qualidade ambiental urbana nacional e internacional de grande importância para a formulação dos indicadores ambientais aos moldes do Brasil, foi desenvolvido um comparativo e um novo critério de avaliação da qualidade ambiental urbana - SELO LABVerde II.

O Selo LABVerde II terá 40 indicadores: 8 indicadores na Escala Regional – Planejamento e Gestão Ambiental; 8 indicadores na Escala Municipal – Projeto Urbano Sustentável; 16 indicadores na Escala Urbana – Projeto Urbano Sustentável e 8 indicadores na Escala Local – Projeto Arquitetônico Sustentável. Dos 40 indicadores estabelecidos, foram estabelecidos 8 para a escala regional, municipal e local, e 16 para a escala urbana devido ao alto grau de complexidade neste contexto. O critério de avaliação pontuará de 0 à 3 cada indicador, totalizando um valor máximo de 120 pontos, com diferentes níveis de desempenho: nível 0 – sem a prática do indicador; nível 1 – boa prática; nível 2 – desempenho intermediário e nível 3 – desempenho avançado. A pontuação final irá fornecer o nível de desenvolvimento ambiental da área avaliada; e será certificada com um Selo, de acordo com o seguinte critério: 0 à 30 pontos – reprovado (Sem Selo); 31 à 60 pontos – em desenvolvimento (Selo Vermelho); 61 à 80 – Selo Dourado; 81 à 100 pontos – Selo Azul e 101 à 120 pontos – Selo Verde.

Tabela 01. SELO LABVERDE II

SELO LABVERDE II								
INDICADORES AMBIENTAIS	nº	ar/energia	escala	0	1	2	3	diagnóstico
				15 pontos				
	1	Geração de energias renováveis	regional					
	2	Eficiência de energia nos edifícios	local					
	3	Redução da "ilha de calor"	urbana					
	4	Fontes de energias renováveis "in loco"	local					
	5	Redução da poluição do ar	local					
	nº	água	escala	18 pontos				diagnóstico
	6	Gestão de bacias baseada em Associação de Municípios	regional					
	7	Conservação dos aquíferos e águas superficiais	regional					
8	Manejo de enchentes	municipal						
9	Captação de águas pluviais e redução do uso da água	local						
10	Desenvolver estratégias de uso sustentável da água	urbana						
11	Gestão de águas residuais	municipal						
nº	solo	escala	12 pontos				diagnóstico	
12	Re-qualificação de áreas degradadas	municipal						
13	Desenvolvimento compacto	urbana						
14	Diversidade de usos	urbana						
15	Descontaminação e recuperação de solos degradados	urbana						
nº	vegetação	escala	18 pontos				diagnóstico	
16	Preservação e Conservação da paisagem e da biota regional	regional						
17	Criação e conservação de sistemas de parques e áreas verdes	municipal						
18	Projeto do sítio para recuperação, conservação e manejo de habitat e áreas úmidas	municipal						
19	Controle da expansão urbana - cinturões verdes.	regional						
20	Controle da expansão urbana - cinturões verdes.	urbana						
21	Uso da infraestrutura verde eficiente para a drenagem das águas pluviais	urbana						
	Manter a conectividade dos espaços verdes, corredores ecológicos e a biodiversidade.							

SELO LABVERDE II					
INDICADORES SOCIAIS	nº	comunidade/qualidade de vida	escala	15 pontos	diagnóstico
	22	Envolvimento comunitário	regional municipal urbana local local		
	23	Habitação, escola e trabalho próximos.			
	24	Comunidade envolvida			
	25	Comunidade envolvida			
	26	Hortas comunitárias - Produção de alimentos "in loco"			
	nº	mobilidade	escala	18 pontos	diagnóstico
	27	Rede de ciclovias eficientes	regional urbana urbana urbana urbana municipal		
	28	Acessibilidade à diversos tipos de serviço			
	29	Ruas de pedestres			
	30	Rede viária eficiente c/ ciclovia			
	31	Espaços públicos e de lazer na escala humana			
	32	c/ acessibilidade Mobilidade "limpa"			
nº	resíduos	escala	12 pontos	diagnóstico	
33	Destino, coleta e reciclagem do lixo	urbana urbana local urbana			
34	Coleta seletiva do lixo				
35	Minimização de resíduos durante a construção				
36	Gestão de resíduos sólidos				
nº	patrimônio cultural	escala	12 pontos	diagnóstico	
37	Valorização do patrimônio ambiental e cultural regional (roteiros turísticos, APAs) Escala 1:100.000/1:250.000	regional municipal urbana local			
38	Valorização da cultura do município (costumes, artes, festas tradicionais, dança, culinária) Escala 1:25.000				
39	Valorização da identidade urbana – imagem da cidade (marcos, vias, bairros, pontos nodais) Escala 1:10.000				
40	Valorização do patrimônio histórico edificado (monumentos archit., praças, estátuas, edifícios) Escala 1.2000/1:500				
Total de pontos do selo LABVerde II			120 pontos		

Fonte: Elaborado pela autora, 2017

#### 4. RESULTADOS ALCANÇADOS

Percebe-se que todos os instrumentos de avaliação da qualidade ambiental urbana trabalham com os principais indicadores ambientais: ar, energia, água, vegetação e solo, e sociais: mobilidade, resíduos, comunidade, educação. Quanto às questões relacionadas ao indicador ar/energia, percebe-se que a maioria dos instrumentos de avaliação da qualidade ambiental demonstra uma séria preocupação com a qualidade do ar, propondo uma redução de emissão de poluentes no ar e o uso de energias renováveis. Em relação ao indicador solo – tem como requisito principal, evitar a poluição do solo adequando o projeto urbano às condições do local sem provocar a impermeabilização do solo e demais agressões.

Preservar e evitar a poluição da água está em evidência em todos os critérios selecionados em relação ao indicador água; no entanto, desenvolver estratégias de uso sustentável da água faz parte apenas do BREEAM Communities - Projetos de Planejamento Urbano e de Regeneração Urbana.

A preservação da mata nativa e o critério de seleção da área de implantação de um projeto urbano, como: tipo de paisagismo, áreas verdes para lazer e plantio de novas árvores fazem parte do indicador vegetação de todas as certificações selecionadas.

Quando analisamos os indicadores selecionados pelo BREEAM Communities, ele nos dá um leque de ações sociais, ambientais, econômicas e planos de governança de grande importância para se obter um projeto urbano com qualidade ambiental e o SBTool<sup>PT</sup> PU traz novos indicadores como biodiversidade e ecologia, tratando da distribuição e conectividade de espaços verdes; os atuais parques lineares.

Quanto aos indicadores sociais – comunidade e educação, percebem-se distintas possibilidades de ação em cada certificação ambiental, já o indicador saúde se concentra em promover uma infraestrutura com qualidade para o projeto urbano e o indicador mobilidade, em incentivar o transporte público em percursos mais longos e substituir o automóvel pela bicicleta em trajetos mais curtos.

O indicador social – resíduos sólidos, de forma geral, as certificações ambientais urbanas se propõem a incentivar a redução da produção do lixo promovendo coleta seletiva, reciclagem e reuso.

A certificação ambiental LEED ND e a SBTool<sup>PT</sup> PU traz uma forte preocupação com a valorização da identidade local - patrimônio edificado e natural, cultura e história, já o HQE2R mostra a necessidade de integração urbana, diversidade e coesão social para se obter um desenvolvimento sustentável.

Com a comparação entre as certificações ambientais urbanas, percebe-se uma carência no Selo LABVerde relacionada ao patrimônio cultural. Este indicador ambiental está voltado à preservação do patrimônio ambiental e cultural, com o objetivo de valorizar as interações significativas entre o homem e o meio ambiente natural e dinamizar oportunidades culturais, pedagógicas e sociais à comunidade local.

A elaboração de indicadores sociais voltados para a valorização da cultura local oferece um fortalecimento de um dos eixos estruturadores da pesquisa; a estrutura cultural; vital para avaliação da sustentabilidade ambiental urbana da área de estudo.

A inserção dos indicadores sociais - valorização do Patrimônio Ambiental Regional, valorização da Cultura do Município, valorização da Identidade Urbana e valorização do Patrimônio Histórico edificado terá uma importante contribuição na valorização das potencialidades econômicas à nível regional e urbano, tais como o turismo, a manufatura e o artesanato, produtos alimentícios “in natura” ou transformados.

A necessidade de redução da poluição do ar, é um indicador indispensável para ser mensurado na certificação ambiental LABVerde II. É necessário obter ambientes essencialmente humanizados; encontrar formas de equilíbrio entre os ambientes externos e internos, que tenha como princípio contribuir para a melhoria das condições de vida do homem em seu ambiente natural ou construído. Portanto, caso não haja medidas mitigadoras, os reflexos na saúde da população serão intensificados. É importante que o planejamento dos espaços urbanos leve em consideração a questão do ruído ambiental e da poluição do ar, considerando os diversos reflexos negativos na população.

Analisando os indicadores da água no Selo LABVerde, percebe-se a ausência de mecanismos para desenvolver estratégias de uso sustentável da água à nível urbano e o aprimoramento da gestão integrada dos recursos hídricos. Diante dos problemas

encontrados no Brasil e no mundo a respeito do uso insustentável dos recursos hídricos, a divulgação e disseminação de técnicas de baixo custo de uso sustentável da água podem ser de grande importância educacional para solucionar problemas de populações locais de baixo índice econômico, assim como propor alternativas sustentáveis de planejamento e gerenciamento dos recursos naturais. É de grande importância que sejam estudadas novas estratégias de uso sustentável da água nos dias de hoje. Segundo Christofidis (2006), a escassez da água face às necessidades das populações, ecossistemas e uso em atividades produtivas, gera uma redução da água que se apresenta tanto na crise atual na saúde, como ocorrerá na crise de médio prazo de alimentos e se agravará na crise do amanhã da vida.

A infraestrutura verde está intrinsecamente ligada a questão hídrica, quando retratamos problemas de drenagem e de solo impermeável. A necessidade da captação de águas pluviais para alimentar o ciclo hidrológico é de extrema importância, logo a implantação de um paisagismo urbano, que segundo Cormier (2008) está cada vez mais sendo visto além de mero embelezamento das cidades, e, de forma pioneira, como parte de uma rede de espaços abertos em que tecnologias de alto desempenho passam a contribuir decisivamente para a solução dos problemas associados à água, ao clima e à ecologia urbana, bem como na criação de uma imagem local e de espaços públicos mais estimulantes e sustentáveis.

Um dos indicadores inseridos no Selo LABVerde II no aspecto comunidade/qualidade de vida foi espaços urbanos públicos e de lazer. De acordo com Gehl e Gemzoe (2010), a dimensão humana foi seriamente negligenciada no planejamento urbano nos últimos 50 anos e um dos principais inimigos foi a prioridade dada aos carros. Hoje, a cidade deve ser criada para as pessoas, para seu convívio ao nível dos olhos, possibilitando diversas atividades no espaço público para uma melhor qualidade de vida. As atividades realizadas nos espaços públicos podem estar diretamente relacionadas ao ato de caminhar, onde a pessoa se desloca no espaço fazendo o trajeto de sua residência ao trabalho, às compras, à escola; ao desejo de utilizar um espaço público para um determinado fim, como tomar sol, passear ou contemplar a paisagem, como também, podem ser atividades sociais, como jogos esportivos em grupos ou rodas de conversas.

A mobilidade “limpa” pressupõe ação integrada que envolva a diminuição da poluição, a educação ambiental, criando novos hábitos de locomoção. Os automóveis e as motocicletas são principais responsáveis pelo aumento do consumo de energia nas cidades e pela emissão de gás carbônico na atmosfera. A poluição do ar, entre outros problemas, afeta a saúde da população, gerando dificuldades respiratórias e cardiovasculares. Grandes cidades como São Paulo, que têm milhões de veículos circulando nas ruas, além de indústrias e outras fontes poluidoras, são os principais focos desses malefícios. Em São Paulo, hoje em dia, a poluição do ar é principalmente causada pelas emissões veiculares, responsáveis por 98% das emissões de CO<sub>2</sub>.

Este Selo foi aplicado no Município de Itu – localizado à oeste do Estado de São Paulo, obtendo como resultado 52 pontos, o que lhe proporcionou um Selo em Desenvolvimento – Selo Vermelho (Figura 01).





Figura 01. Selos do LABVerde II

Os resultados obtidos foram identificados a partir de três eixos estruturadores; ecológico, hídrico e cultural, assim como a mobilidade urbana. A aplicação do Selo LABVerde II na cidade de Itu, permitiu a identificação das necessidades e das interações entre o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e cultural, e a satisfação das necessidades do ser humano.

## 5. CONCLUSÃO

A aplicação do Selo LABVerde II, consiste na análise de uma cidade em suas diferentes escalas: regional, municipal, urbana e local. Num primeiro momento, é realizado um levantamento da estrutura regional – como corpos hídricos, mobilidade, áreas de conservação ambientais, atividades culturais, entre outros, depois um levantamento da estrutura municipal, contendo dados sociais - mobilidade, saúde, educação, lazer, cultura e dados ambientais – ar, água, solo, resíduos, vegetação, um terceiro levantamento da estrutura urbana, área de maior conflito, onde se concentra a maior parte da população; e por último, as instalações sustentáveis existentes na cidade. Após levantamento e análise dos dados, é realizada a pontuação dos parâmetros de Avaliação da Qualidade Socioambiental Urbana da cidade em análise.

O Selo LABVerde II avalia a cidade em 4 diferentes escalas: escala regional - 1:100.000 ou 1:250.000; escala municipal - 1:25.000; escala urbana - 1:10.000 e escala local - 1:2000 /1:500. Desta forma, o conteúdo social, ambiental e cultural da cidade pode ser analisado com mais precisão nas diferentes escalas, e a atualização do Selo LABVerde II deverá ocorrer a cada 5 anos, para manter coerência com a realidade urbana que se transforma diariamente.

A aplicação do Selo busca identificar as necessidades e as interações entre o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental e a satisfação das necessidades do ser humano. A partir de então, criam-se diagnósticos e diretrizes projetuais com o objetivo de colaborar com o fortalecimento da resiliência urbana. Logo, teremos um processo de modificações no qual estão previstas “a redução da exploração de recursos naturais, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais que deverão ser feitas conscientemente para atender as necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras”<sup>112</sup>. Para que isso se torne realidade, são necessárias ações conjuntas entre o poder público, a iniciativa privada e o meio acadêmico.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Brasília, Senado Federal subsecretaria de edições Técnicas, 1996; Disponível em: <http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/apres3049578.pdf>

<sup>112</sup> BRUNDTLAND, 1987 – Idem nota 2.

- BRAGANÇA, L. et al. *Approaching Sustainability in Built Environment*. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDING ASIA, Seul, 2013. *Proceedings...* Seul, 2013.
- BREEAM COMMUNITIES - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT GLOBAL. *SD5065 Technical Guidance Manual. BREEAM for Communities Assessor Manual Development Planning Application Stage*. BRE Global Ltd. Inglaterra, 2009.
- *BREEAM Communities Integrating Sustainable Design into Masterplanning*. Disponível em: [www.breeam.org/communities](http://www.breeam.org/communities). Acesso em 20/05/2015
- BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT – BRE. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM OFFICES 2006*. UK, 2006. Disponível em [www.breeam.org/offices.html](http://www.breeam.org/offices.html) . Acesso em 20/05/2015
- CORMIER, Nathaniel; PELLEGRINO, Paulo R.M. *Infraestrutura Verde: Uma Estratégia Paisagística para a Água Urbana*. *Revista Paisagem Ambiente: ensaios*, n. 25, São Paulo, 2008.
- CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). *HQE2R - Sustainable Renovation of Buildings for Sustainable Neighbourhoods*, France, 2004. Disponível em: [www.hqe2r.cstb.fr/](http://www.hqe2r.cstb.fr/). Acesso em 03/05/2015.
- FAUUSP, LABVerde, *Selo de Localização Sustentável, SP, 2008*. Disponível em: [www.usp.br/fau/deprojeto/labverde](http://www.usp.br/fau/deprojeto/labverde). Acesso em 20/02/2013.
- GEHL, Jan. *Cities For People*. Editora Island Press, 2010.
- HADDAD, 2002 - HADDAD, Paulo R. *Processo de Elaboração – Texto Informativo - Agenda 21 Brasileira – Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional – Secretaria-Executiva*, abril 2002.
- ISO, 1995 - *ISO 14001 - Environmental Management Systems – Specification with guidance for use*. February, 1995.
- LEED-ND - LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN. *LEED 2009 For Neighborhood Development*. Washington: The U.S. Green Building Council, Inc., 2009.
- SBTOOL PU. Disponível em: [HTTP://www.sbtool-pt.eu/](http://www.sbtool-pt.eu/). Acesso em 10/02/2014.
- SILVA, 2000 - SILVA, Sandra R. Mota. *Indicadores de Sustentabilidade Urbanas – Perspectivas e as Limitações de Operacionalização de um Referencial Sustentável*. Dissertação de mestrado da Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2000.
- SILVA; SILVA; JOHN; AGOPYAN; 2000 - SILVA, V. G.; SILVA, M.G.; JOHN, V.M.; AGOPYAN, V. *Perspectives for development of environmental assessment of buildings in Brazil*. In: *Sustainable Buildings 2000/GRC 2000 Section*. *Proceedings*. Maastricht, NOVEM/CIB/GBC, October, 2000.
- SELO LABVERDE. FAUUSP, LABVerde, *Selo de Localização Sustentável, SP, 2008*. Disponível em [www.usp.br/fau/deprojeto/labverde/](http://www.usp.br/fau/deprojeto/labverde/). Acesso em 10/02/2014.
- TIBOR e FELDMAN, 1996. TIBOR, Tom; FELDMAN, Ira. *ISO 14000; Um Guia para as Normas de Gestão Ambiental*. São Paulo, Futura, 1996.
- USGBC, 2003 - *Leadership in Energy & Environmental Design. Green Building Rating System Version 2.1*. USA, 2002.

# ANÁLISE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO BLOCO DE CONCRETO COM ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS PELO MÉTODO DA ACV-M

Camilla Farell ([cfarell@gmail.com](mailto:cfarell@gmail.com)); Isabela Lunes ([isabelamariaiunes@gmail.com](mailto:isabelamariaiunes@gmail.com)); Ana Paula Milani ([ana.milani@ufms.br](mailto:ana.milani@ufms.br))

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia (UFMS-FAENG) - Brazil

**Palavras chave:** fabricação, uso, alvenaria, avaliação do ciclo de vida modular.

*A destinação incorreta dos pneus inservíveis gera grandes impactos à saúde do ser humano e ao meio ambiente. Em Campo Grande, Brasil, a prefeitura municipal aprovou a Lei Nº 4818/2010 no intuito de incentivar a incorporação de borracha de pneus inservíveis em obras públicas. Diante desse cenário, vê-se a necessidade de estudos sobre a sustentabilidade das novas tecnologias construtivas implantadas na construção civil e para tal análise, a avaliação do ciclo de vida modular (ACV-m) é uma ferramenta em destaque para avaliar os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida de um produto. Neste estudo, foi feita a análise ambiental do bloco de concreto com adição de partículas de borracha de pneus inservíveis em comparação com o bloco de concreto convencional por meio da aplicação da ferramenta ACV-m nas fases de extração de matéria-prima, de produção de materiais básicos de construção, de fabricação e transporte do produto bloco, e de uso na parede de alvenaria de bloco. Os resultados apontam que o desempenho ambiental dos sistemas construtivos é similar, ou seja, a ACV-m para o bloco de concreto com adição de borracha e para o bloco de concreto convencional se encontram com valores equivalentes quando considerado o limite de avaliação da sustentabilidade o uso da edificação construída com parede de bloco de concreto.*

## 1. INTRODUÇÃO

Por utilizar significativos volumes de recursos naturais, a indústria da construção civil resulta em grande dano ao meio ambiente, e a quantificação de seus impactos é fundamental para que ações de melhorias sejam possíveis. Esse levantamento permitirá analisar como os materiais poderão apresentar maior aproveitamento, de modo a causar menos prejuízos ambientais (OLIVEIRA, 2015).

Segundo a norma NBR ISO 14040 a avaliação do ciclo de vida (ACV) é um método de gestão ambiental que possibilita uma visão sistêmica do ciclo de vida de um sistema ou produto, de forma a rastrear e quantificar os fluxos de entrada e saída desse sistema e compreender os impactos gerados por ele. A metodologia ACV pode ser uma importante ferramenta na tomada de decisões das indústrias, governos e consumidores em relação às suas atividades impactantes ao ambiente (CAMPOS, 2012). Porém, segundo Bribian, Usón e Scarpellini (2009, apud MIRANDA, 2017), apesar de internacionalmente reconhecida, o método ainda apresenta diversas limitações, entre elas a sua própria complexidade. Por exigir a medição de um grande número de variáveis e de dados, muitas vezes inexistentes ou de difícil acesso, o método ainda é pouco praticado e estimulado; e, além disso, ele influencia muito pouco nas pontuações de certificações ambientais, o que acaba intensificando a falta de interesse pela utilização do método por parte de construtores.

Um estudo de ACV completo é muito trabalhoso e demanda tempo. Dessa forma foi criada uma variação da ACV detalhada. A ACV simplificada pode apresentar escopo e limites reduzidos, e considerar apenas os fluxos de energia e emissões mais relevantes dentro da análise. Segundo o CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável), a ACV modular (ACV-m) é uma evolução da ACV, o escopo é reduzido, mas continua sincronizado com o método de ACV tradicional. O escopo mínimo da ACV-m são o consumo de água, energia e matérias-primas; emissão de CO<sub>2</sub>; e geração e destinação de resíduos sólidos.

Dentro do cenário da sustentabilidade, a preocupação com a saúde ambiental e pública tem ênfase em torno do problema da destinação incorreta de pneus inservíveis. Os pneus são constituídos por estruturas difíceis de serem eliminadas naturalmente. Na grande maioria das vezes este material é abandonado em locais impróprios, causando conseqüentemente danos à saúde do ser humano e principalmente ao meio ambiente. Este material tem um longo período de degradação, aproximadamente de 400 a 800 anos, tornando-se assim um grande problema para o meio ambiente (GRANZOTTO, 2010).

Seguindo a mesma linha de preocupação com os problemas causados por pneus inservíveis, a prefeitura municipal de Campo Grande/MS/Brasil buscou como alternativa de incentivo a criação e aprovação da LEI Nº 4818 no ano de 2010, que dispõem sobre a incorporação de borracha de pneus inservíveis em revestimentos asfálticos de pavimentos e concretos não estruturais rodoviários e urbanos construídos com recursos municipais no âmbito da cidade. Com a problemática criada pelos pneus inservíveis e o incentivo dessa lei, vários estudos se iniciaram buscando formas de reciclagem e reaproveitamento da borracha de pneu no setor da construção civil (ALCAZAS et al., 2014).

No entanto, deseja-se saber se a incorporação de resíduos de borracha de pneu na matriz de compósitos cimentícios realmente melhora o seu desempenho ambiental. Zulcão et al. (2017) avaliaram o concreto com incorporação de brita de resíduo de borracha em substituição ao volume parcial da areia considerando as fases de extração de matéria-prima, produção de materiais, transporte e mistura na central de concreto; e concluíram que a influência da incorporação de brita de resíduo de borracha no concreto não é positiva dentro do cenário analisado devido ao alto consumo energético no processamento do pneu.

Porém, o impacto deste alto consumo energético no processamento do pneu na ACV pode ser alterado conforme as variáveis de sustentabilidade analisadas, em vista que o presente estudo de caso se propõe a análise de uma indústria recicladora de pneus inservíveis da região, cujo o foco de produção é material combustível para alimentação da indústria cimenteira e os rejeitos provenientes da trituração da borracha desta recicladora serão utilizados para fabricação de compósitos cimentícios com borracha. Assim, os subprodutos desta indústria de reciclagem apresentam um potencial de uso como matéria-prima no concreto, abrindo possibilidades de melhora ambiental dentro do cenário regional analisado. Ainda seguindo essa linha de raciocínio, optou-se no presente trabalho estudar o compósito concreto com borracha de pneu inservível na forma de bloco de alvenaria e prolongar os limites de análise de sustentabilidade do sistema, realizando uma ACV-m a partir da extração de matéria-prima até a aplicação do bloco como sistema construtivo, o que não foi abordado em estudos e pesquisas anteriores.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o ciclo de vida do concreto adicionado de resíduos de borracha de pneu inservível dentro do sistema construtivo alvenaria de blocos de concreto empregados em vedação de paredes de edificações.

Como objetivos específicos foram: avaliar as emissões e consumo energético durante a produção do bloco de concreto com e sem borracha; e avaliar a energia embutida na alvenaria de bloco de concreto com pneus inservíveis durante o uso desse componente na edificação.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Definição do objeto e escopo

Para a análise dos impactos ambientais foi feita a ACV-m, cujo objetivo foi comparar o desempenho ambiental das paredes de blocos de concreto convencionais (BCC) e de blocos de concreto com borracha reciclada de pneus inservíveis (BCB). Esta ferramenta consistiu em quantificar os insumos consumidos referente à unidade funcional escolhida – 10 m<sup>2</sup> de parede de alvenaria - e relacioná-los com seus correspondentes fatores de consumo de energia e emissão de gases incorporados nas fases do processo que fazem parte da ACV para criar o Inventário do Ciclo de Vida (ICV).

Por fim, foi realizada a avaliação do impacto desses sistemas construtivos por meio de apresentação dos dados do inventário na forma de indicadores da ACV. A avaliação dos impactos da ACV-m considerou os seguintes indicadores: emissão de CO<sub>2</sub> incorporada, energia incorporada, consumo de água, consumo de matérias-primas e carga térmica durante o uso do sistema construtivo. Segundo Miranda (2017), o método da ACV-m não possui nenhuma consideração quanto à normalização e ponderação dos indicadores e, portanto, para a classificação dos dois sistemas construtivos considerou-se a análise ambiental baseada na ACV e no desempenho térmico, com indicadores possuindo o mesmo peso para o ranqueamento dos sistemas como o mais impactante.

A análise foi delimitada entre a extração de matérias-primas, transporte, produção de materiais, fabricação do bloco e uso da parede de alvenaria numa edificação. A Figura 1 mostra os limites do sistema de bloco de concreto sem e com adição de borracha reciclada de pneu inservível. Os elementos na cor branca não fizeram parte do escopo desta análise.

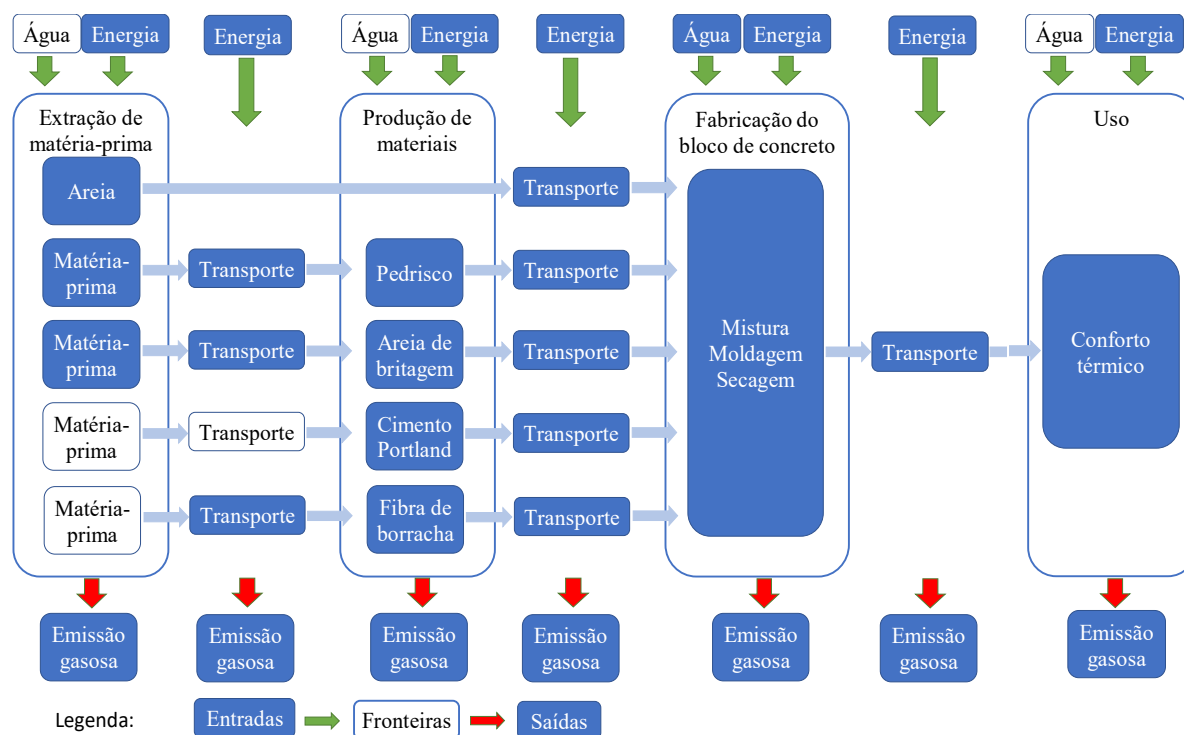


Figura 1. Limites do sistema de paredes de blocos de concreto



De acordo com Carneiro, Bertocini e Abrão (2012) e Alcazas et al. (2014) concluiu-se que os blocos de concreto com 15% de adição de fibra de borracha de pneus trituradas apresentaram os melhores resultados de resistência mecânica quando comparados a dosagem de referência sem adição de borracha. Portanto, para o presente estudo foi considerado 15% de adição de borracha em relação ao volume do pedrisco, dimensões dos blocos de concreto de 14 x 19 x 39 cm<sup>3</sup>, e enquadramento na classe B de acordo com a norma NBR 6136 (2014), ou seja, resistência à compressão simples mínima de 4 MPa com função estrutural para o uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

A quantificação do consumo de matérias-primas foi baseada em dados de literatura sobre compósitos cimentícios com borracha e a dosagem (Tabela 1) para fabricação dos blocos de concreto foi composta de cimento CP II-E, areia natural, areia de britagem, pedrisco e, para o concreto com adição, a partícula de borracha reciclada de pneus inservíveis com distribuição granulométrica entre 0,3 e 9,5 mm. Para o consumo de água, por falta de dados em outras fases, foi considerada apenas a água incorporada no produto final, ou seja, foi contabilizada apenas a água na fase de fabricação dos blocos, considerando o fator água/cimento de 0,65.

Os locais das jazidas e fábricas considerados para o transporte, assim como o local da obra do edifício são hipotéticos, e suas distâncias foram definidas pela ferramenta online Google Maps (Tabela 2). Em específico, o serviço de processamento dos pneus inservíveis foi considerado o realizado na fábrica ECOPNEU/Brasil, pois possui uma grande logística que envolve o recolhimento dos pneus dos postos de coleta de várias cidades brasileiras e o processamento de pneus para diversas finalidades, sendo principalmente usado como combustível alternativo em fornos de indústrias de cimento. Desta forma, para simplificação da presente avaliação, foram considerados para o cálculo das distâncias percorridas somente os pontos de coleta de Campo Grande/MS/Brasil.

Conforme Campos (2012, apud MIRANDA, 2017) para o cálculo do consumo de combustível para transporte por caminhão foi considerada a faixa de 0,006 a 0,022 l/t.km. Segundo Miranda (2017) o consumo horário de combustível da pá-carregadeira é de 17,74 l/h.

Os fatores relativos a energia e emissões incorporadas de CO<sub>2</sub> foram obtidos de Miranda (2017) e se encontram na Tabela 3. Os dados relativos à energia e emissões da areia de britagem foram considerados os mesmos do pedrisco, pois segundo Santoro e Kripka (2016) o processo de produção desses materiais é o mesmo, sendo extração das rochas, britagem em britador automático, passagem por peneiras classificatórias com malhas padronizadas para produção de agregados com granulometrias normatizadas e armazenamento.

Para a avaliação de desempenho térmico de cada sistema construtivo seguiu-se as normas NBR 15220 (2003) e NBR 15575 (2013) e as propriedades termofísicas da Tabela 4. A comparação dos sistemas foi feita com uma simulação termoenergética considerando um quarto de uma habitação de interesse social localizada em Campo Grande/MS/Brasil com temperaturas de um dia típico de verão. O quarto simulado possui as dimensões de 3,30 x 2,40 m<sup>2</sup> e pé-direito de 2,70 m. A parede exterior está na maior dimensão, é sombreada e não possui janela. O material das paredes é o bloco de concreto com e sem borracha assentados e rebocados com argamassa cimentícia, totalizando 18 cm de espessura e pintado na cor branca.

Adotou-se a ocupação de duas pessoas, o uso de um televisor e duas lâmpadas fluorescentes para a iluminação artificial no interior do ambiente simulado. Pode-se calcular para cada sistema construtivo de parede de alvenaria de bloco de concreto a carga térmica, somatório dos fluxos de calor em um ambiente, que representa a energia térmica em watts que atravessa um fechamento de um ambiente.

Tabela 1. Dosagem dos concretos e propriedades dos materiais

Material	Traço		Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Massa unitária (kg/m <sup>3</sup> )
	BCC	BCB		
Cimento	1	1	1.400	-
Areia natural	2,5	2,5	2.650	1.510
Areia de britagem	5,9	5,9	2.890	1.620
Pedrisco	2,8	2,8	2.930	1.580
Fibra de borracha	0	0,086	1.057	322

Tabela 2. Distâncias consideradas para transporte

Material	Saída	Destino	Distância (km)
Areia	Jazida	Fábrica de Blocos	40,00
Pedrisco	Jazida	Fábrica de Blocos	20,00
Areia de Britagem	Jazida	Fábrica de Blocos	20,00
Pneu Inservível	Posto de Coleta	Fábrica Ecopneu	68,70
Cimento	Fábrica de Cimento	Fábrica de Blocos	20,00
Fibra de Borracha	Fábrica Ecopneu	Fábrica de Blocos	22,80
Blocos de Concreto	Fábrica de Blocos	Obra	14,80

Tabela 3. Fatores de energia incorporada e emissão de CO<sub>2</sub> dos insumos energéticos

Fonte	Energia incorporada (MJ/t)		Fator de emissão de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /t)	
	Mín	Máx	Mín	Máx
Areia de britagem	27,36	-	0,62	-
Areia natural	86,08	-	16,92	-
Cimento CP II-E	1.866,67	3.230,78	316,13	547,14
Pedrisco	27,36	-	0,62	-
Diesel - veículos fora de estrada	37,26		7,33	
Diesel - caminhões de transporte	37,26		2,83	
Eletricidade	3,32		0,07	

Tabela 4. Propriedades termofísicas dos materiais

Material	Massa específica $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	Condutividade térmica $\lambda$ W/(m.K)	Calor específico $c$ kJ/(kg.K)	Fonte
Argamassa/ Reboco	2000,00	1,15	1,00	NBR 15220/2003 Giacobbe (2008); Pessette e Pelisser (2012)
BCC	2400,00	1,75	1,00	
BCB	2210,00	1,12	0,93	

## **2.2. Cálculos para a elaboração do ICV**

### **2.2.1. Fase de extração de matéria-prima**

Foram consideradas a energia e emissões incorporadas na extração e beneficiamento da areia, do pedrisco e da areia de britagem. Não foi considerada a extração das matérias-primas para a produção do cimento e do pneu, pois o impacto referente a esta fase já está incorporado no ciclo de vida desses produtos finais.

### **2.2.2. Fase de produção dos materiais e fabricação do bloco**

Foram consideradas a produção dos materiais cimento e partículas de borracha de pneus inservíveis e a fabricação dos blocos de concreto com e sem adição de borracha.

O gasto energético para a produção de ambos os blocos foi considerado o mesmo. Segundo ANICER (2012), para a fabricação dos blocos de concreto, a mistura é mecanizada, e são consumidos cerca de 0,0064 litros de diesel/bloco. Os equipamentos alimentados por energia elétrica consomem cerca de 0,10 kWh/bloco (MIRANDA, 2017). Portanto, foram consumidos 0,86 litros de diesel e 13,4 kWh de energia elétrica. Por fim, os blocos de concreto são curados em câmara seca ou ao ar livre.

No caso do bloco de concreto com borracha foi considerado a etapa de processamento dos pneus inservíveis. A trituração dos pneus é mecanizada e consome energia elétrica, os pneus são lançados de forma manual à esteira que alimenta o triturador, passando depois por peneiras classificatórias. Por meio de medições in loco na fábrica ECOPNEU/Brasil, calculou-se que são consumidos 0,012 kWh/bloco. E para a estocagem das partículas de borracha de pneu inservível e o carregamento das mesmas nos caminhões é necessário o uso de pá-carregadeira, sendo consumidos cerca de  $3E-05$  litros de diesel/bloco.

### **2.2.3. Fase de transporte**

Considerou-se todo o combustível consumido pelo transporte dos produtos em todas as fases adotadas. O consumo de combustível foi calculado como o produto entre a faixa de consumo, a distância percorrida, o peso do caminhão e o peso transportado (MIRANDA, 2017). Considerou-se o transporte do caminhão completamente carregado até a fábrica, e o retorno do caminhão vazio até a sua origem para depois calcular o consumo de diesel por tonelada de material.

### **2.2.4. Fase da construção**

Devido ambas as paredes de alvenaria de bloco de concreto sem e com borracha apresentarem o mesmo processo construtivo, não foi considerada a energia embutida nesta fase.

### **2.2.5. Fase de uso**

Para a avaliação de desempenho térmico e cálculo da carga térmica durante o uso do sistema construtivo de paredes de alvenaria de bloco de concreto sem e com borracha foram consideradas as propriedades termofísicas dos materiais de construção conforme Tabela 4 e as exigências mínimas da norma de desempenho NBR 15575 (2013), a qual prescreve que as características de transmitância térmica e de capacidade térmica devem apresentar, respectivamente, os valores  $\leq 3,7$  W/(m..K) e  $\geq 130$  kJ/(m..K).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fase	Insumo	Entrada/Saída	Unidade	Fatores - BCC		Fatores - BCB		
				Mín	Máx	Mín	Máx	
Extração	Areia	Quantidade Consumida	t	0,343	-	0,335	-	
		Energia	MJ	29,546	-	28,871	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	5,809	-	5,676	-	
	Areia de Britagem	Quantidade Consumida	t	0,810	-	0,792	-	
		Energia	MJ	22,163	-	21,656	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	0,499	-	0,488	-	
	Pedrisco	Quantidade Consumida	t	0,384	-	0,376	-	
		Energia	MJ	10,518	-	10,278	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	0,237	-	0,231	-	
Produção	Cimento CP II-E	Quantidade Consumida	t	0,137	0,137	0,134	0,134	
		Energia	MJ	256,285	443,570	250,427	433,432	
		CO <sub>2</sub>	kg	43,403	75,120	42,411	73,403	
	Água	Quantidade Consumida	litros	89,242	-	87,202	-	
		Quantidade Consumida	litros	0,858	-	0,858	-	
	Diesel (Bloco)	Energia	MJ	31,954	-	31,954	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	6,283	-	6,283	-	
	Energia Elétrica (Bloco)	Quantidade Consumida	MJ	48,240	-	48,240	-	
		Energia	MJ	160,302	-	160,302	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	3,393	-	3,393	-	
	Diesel (Borracha)	Quantidade Consumida	litros	-	-	0,0042	-	
		Energia	MJ	-	-	0,157	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	-	-	0,031	-	
	Energia Elétrica (Borracha)	Quantidade Consumida	MJ	-	-	6,078	-	
		Energia	MJ	-	-	20,198	-	
		CO <sub>2</sub>	kg	-	-	0,428	-	
	Transporte	Diesel	Quantidade Consumida	litros	3,727	13,665	3,711	13,609
			Energia	MJ	138,863	509,163	138,290	507,064
CO <sub>2</sub>			kg	10,543	38,658	10,500	38,499	

Figura 2. ICV da parede de alvenaria de bloco de concreto sem e com borracha

#### 3.1. Avaliação de impactos do inventário do ciclo de vida (AICV)

Os impactos foram calculados de acordo com os resultados dos inventários do ciclo de vida do BCC e BCB (Figura 2). São apresentados os resultados de cada sistema de parede e seu desempenho comparado em cada indicador de impacto afim de definir qual é a alvenaria mais sustentável no âmbito ambiental.

#### 3.2. Emissão de CO<sub>2</sub> incorporado e energia incorporada

A Figura 3 mostrou que a parede de bloco de concreto com borracha tem a menor emissão de CO<sub>2</sub>, apesar da diferença entre os sistemas construtivos ser pequena. As maiores emissões ocorrem nas fases de produção e transporte, sendo que tanto para valores mínimos quanto máximos, a emissão relativa à produção é superior para ambos os blocos de concreto.

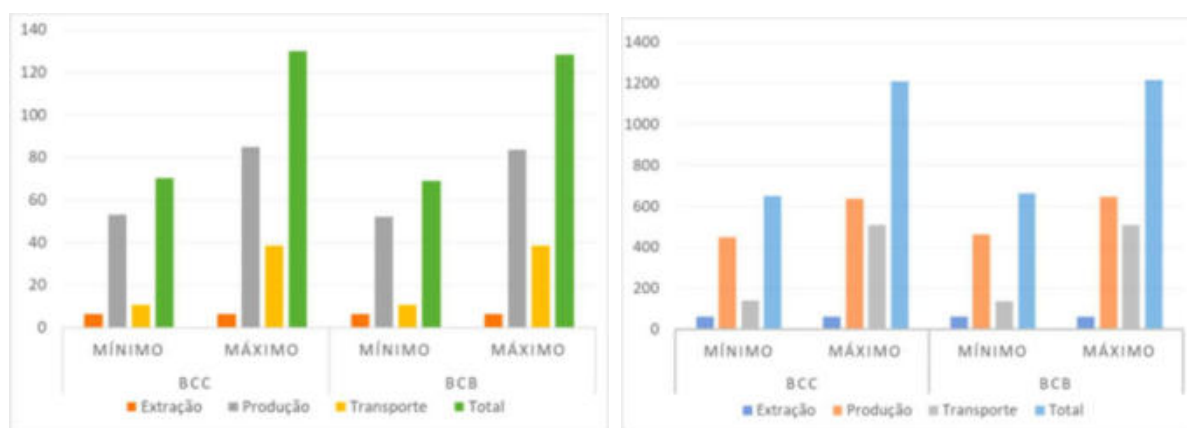


Figura 3. (a) Emissões de CO<sub>2</sub> incorporada (kg/CO<sub>2</sub>) e (b) Energia incorporada (MJ)

Desta vez, ainda que não seja significativo, a parede de bloco de concreto convencional é o menos impactante no indicador energia incorporada (Figura 3). As fases de produção e transporte ainda possuem a maior contribuição. Para valores mínimos a fase de produção corresponde a mais da metade dos valores totais de energia e para valores máximos a energia relativa ao transporte e à produção são mais relevantes.

As fases de produção dos materiais, da fabricação do bloco de concreto e transporte são as que consomem mais energia e conseqüentemente emitem mais CO<sub>2</sub>. As primeiras porque requerem maior uso de maquinário que consome grande quantidade de combustível e/ou energia elétrica para os processos de refinamento das matérias-primas e fabricação do produto, e a última porque os veículos de carga usados no transporte consomem óleo diesel que é o combustível mais poluente e grande responsável pelas emissões gasosas. Já a fase de extração de matéria-prima representa uma parcela menor do ciclo de vida dos produtos analisados, portanto, ainda que consuma combustível e energia elétrica, é menos relevante quando comparada às outras fases.

Segundo Zulcão et al. (2017) a incorporação de borracha no concreto não era viável devido à grande quantidade de energia consumida durante o processamento do pneu, porém o uso de uma escala produtiva maior e mais eficiente energeticamente poderia favorecer o uso do agregado de borracha em compósitos cimentícios. A escala de produção da fábrica considerada no estudo do referido autor é menor que a da fábrica ECOPNEU/Brasil, sendo a emissão de CO<sub>2</sub> para a produção de 1kg de agregado de borracha igual a 0,0413 kgCO<sub>2</sub> e a energia consumida igual a 0,584 MJ, ambas aproximadamente 10% maiores que os resultados encontrados no presente estudo.

### 3.1.1. Consumo de água e de matéria-prima

A adição das partículas de borracha no bloco de concreto acarreta na diminuição de consumo dos demais materiais, que são consumidos em menor quantidade para se obter o mesmo volume de concreto que preenche a forma do bloco. Apesar da adição das partículas de borracha representar apenas uma pequena fração na dosagem do concreto, quando analisada a produção de grandes quantidades de blocos é possível visualizar melhor a economia dos insumos. Sendo assim, o bloco de concreto com borracha apresenta melhores resultados nestes dois indicadores, ainda que esta diferença seja pequena.

Além da economia dos insumos, percebe-se que, quando comparado ao bloco de concreto convencional, o bloco de concreto com borracha apresenta menor densidade. Isso se deve à variação de massa específicas entre os agregados miúdos e graúdos (entre 2,65 e 2,93 kg/m<sup>3</sup>) e as partículas de borracha (1,06 kg/m<sup>3</sup>). Isso pode acarretar, ainda que não mensurado neste estudo, menor impacto no gasto de energia no transporte dos blocos, no processo de elevação da alvenaria e na fundação e estrutura da edificação.



### 3.1.2. Carga térmica durante uso do sistema construtivo

Conforme a norma NBR 15575-1 (2013), a habitação tem os níveis mínimos de desempenho se atender às condições especificadas para cada zona bioclimática. Para a zona bioclimática de Campo Grande/MS/Brasil, os índices transmitância e capacidade térmica alcançados são menores que o limite permitido para ambos os sistemas construtivos, condizendo que a parede de alvenaria de blocos de concreto sem e com borracha atendem aos requisitos mínimos de desempenho térmico para a região analisada, destacando a característica de resistência térmica total da parede de BCB que é 7% maior que a parede de BCC (Tabela 6).

O cálculo de carga térmica dos ambientes com os sistemas construtivos com parede de bloco de concreto sem e com borracha corrobora a avaliação do desempenho térmico por prescrição, visto que a parede de BCC possui maior carga térmica, ou seja, transmite maior quantidade de energia térmica através do seu fechamento vertical. Contudo, a diferença entre cargas térmicas dessas envoltórias é de apenas 1%. Desta forma, concluiu-se que as paredes de BCC (1249,07 W) e de BCB (1233,74 W) apresentam comportamento térmico similares no quesito analisado.

Tabela 6. Características termofísicas dos sistemas construtivos

Propriedades	BCC	BCB	Diferença
Resistência Térmica Total RT (m <sup>2</sup> .K)/W	0,360	0,385	7%
Transmitância Térmica U W/(m <sup>2</sup> .K)	2,778	2,596	-7%
Capacidade Térmica da Parede CT kJ/(m <sup>2</sup> .K)	199,979	184,064	-8%
Atraso Térmico $\phi$ (h)	3,625	3,659	1%
Fator Solar FS <sub>o</sub> (%)	2,222	2,076	-7%

### 3.2. Classificação dos sistemas construtivos

Tabela 7. Ranqueamento das paredes

Indicador	Valores mínimos		Valores máximos	
	BCC	BCB	BCC	BCB
Emissão de CO <sub>2</sub> incorporada	2°	1°	2°	1°
Energia incorporada	1°	2°	1°	2°
Consumo de água	2°	1°	2°	1°
Consumo de matéria-prima	2°	1°	2°	1°
Desempenho térmico	2°	1°	2°	1°

Apesar do ranqueamento mostrar que a parede de alvenaria de BCB é mais sustentável que a parede de alvenaria de BCC (Tabela 7) nos indicadores emissão de CO<sub>2</sub>, consumo de água e matéria-prima e desempenho térmico, foram calculadas as diferenças entre os valores mínimos e máximos de cada parede para cada indicador ambiental e a diferença entre os resultados em todos os indicadores é menor que 5%, o que indica que as paredes de BCC e de BCB são similares e a ACV-m para ambos os blocos se encontram com valores equivalentes.

#### 4. CONCLUSÃO

Considerando para a análise da sustentabilidade a ACV-m nas fases de extração de matéria-prima, de produção de materiais de construção, de fabricação e transporte do produto bloco, e do uso do bloco na vedação vertical do edifício, os sistemas construtivos de parede de alvenaria de bloco de concreto convencional e de bloco de concreto com resíduo de borracha de pneu inservível possuem desempenho ambiental semelhante.

Apesar do aumento do consumo de energia no Inventário do Ciclo de Vida para o processamento do pneu inservível, a adição de partículas de borracha no bloco de concreto gerou economia no consumo de água e matérias-primas e conseqüentemente, menor emissão de CO<sub>2</sub> incorporada. Além disso, considerando-se a etapa de uso, as habitações com vedações em blocos de concreto com borracha poderiam demandar menor consumo de energia caso os usuários solicitem equipamentos de refrigeração do ar para obterem maior conforto térmico.

Vale ressaltar que os impactos positivos da reciclagem dos pneus inservíveis para adição em compósitos cimentícios como forma de descarte alternativo não foram considerados neste estudo. Para trabalhos futuros sugere-se a inclusão de análises sócio-econômicas, que podem contribuir na escolha da alternativa quando há situação de empate para o desempenho ambiental, bem como, complementar a avaliação implementando outros indicadores capazes de quantificar a mitigação devido à reciclagem dos pneus em comparação aos impactos causados a um ambiente que é local de descarte de pneus inservíveis.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Alcazas, J. C. et al (2014). *Avaliação de resistência à compressão de blocos de concreto com e sem adição de fibras de borracha triturada de pneus inservíveis*. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 2014. Anais... Campo Grande: IBRACON, CD-ROM.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040 (2001): *Avaliação de ciclos de vida, princípios e estrutura*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220 (2003): *Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1 (2013): *Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136 (2014): *Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos*. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA - ANICER (2012). *Análise comparativa do ciclo de vida de paredes construídas com blocos cerâmicos, blocos de concreto e concreto armado moldado in loco*. [S.I.]
- Campos, M. G. D. (2012). *Abordagem de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais no processamento primário offshore*. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil. p. 127.
- Carneiro, L. S.; Bertocini, S. R.; Abrão, D. M. (2012). *Propriedades de blocos de concreto com adição de borracha de pneu referente à resistência e à durabilidade*. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 2012. Anais...Maceió, IBRACON, CD-ROM.
- CBCS; ABCP; BLOCOBRASIL. (2014). *Sustentabilidade na indústria de blocos e pavimento de concreto - Avaliação de ciclo de vida modular*. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). São Paulo, p. 90.
- Granzotto, L. (2010). *Concreto com adições de borracha: uma alternativa ecologicamente viável*. Universidade Estadual de Maringá. Maringá, Brasil. p. 132.

- Miranda, A. D. S. (2017). *Análise comparativa de métodos simplificados de ACV aplicado a paredes de edificações*. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, Brasil. p. 170.
- Oliveira, L. S. (2015). *Avaliação do ciclo de vida de blocos de concreto do mercado brasileiro: alvenaria e pavimentação*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, p. 155.
- Pessette, J. B.; Pelisser, F. (2012). *Efeito da borracha reciclada de pneus na condutividade térmica de paredes de concreto*. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, Brasil. p. 15.
- Santoro, J. F.; Kripka, M. (2016). *Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte de Rio Grande do Sul*. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, p. 35-49, abr/jun.
- Zulcão, R.; Coelho, F. Z.; Calmon, J. L. (2017). *O efeito da incorporação da borracha de resíduo de pneu no impacto ambiental do concreto autoadensável: uma abordagem da avaliação do ciclo de vida*. In: *Euro-ELECS 2017 - IX ENCONTRO NACIONAL, VII ENCONTRO LATINO-AMERICANO, II ENCONTRO LATINO-AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS*. Anais...São Leopoldo, ANTAC.

# AVALIAÇÃO DE EDIFICAÇÃO CERTIFICADA A PARTIR DOS CONCEITOS DE ECO-EFICIÊNCIA E ECO-EFICÁCIA

Camila Copello Canazaro ([camilacanazaro@gmail.com](mailto:camilacanazaro@gmail.com)); Andrea Kern ([apkern@unisin.br](mailto:apkern@unisin.br))  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) - Brazil

**Palavras chave:** eco-eficiência, eco-eficácia, certificações, LEED.

*O uso racional de materiais na indústria da construção e a responsabilidade que esse setor tem com o meio ambiente tem sido objeto de pesquisa na academia nas últimas décadas. Nesse contexto, surgiram as certificações ambientais para orientar os envolvidos nos processos, buscando reduzir os impactos ambientais causados por esse setor. A análise realizada neste estudo baseia-se nas diferentes abordagens trazidas aos conceitos de ecoeficiência e eco-eficácia relacionadas a certificação de prédios. O principal objetivo desta pesquisa é analisar a evolução dos critérios de um programa de certificação ambiental projetado para edifícios (LEED) ao longo do tempo, em relação aos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia. A pesquisa avaliou a relação dos aspectos de ecoeficiência e eco-eficácia, a fim de verificar se a geração de impactos positivos no meio ambiente é levada em consideração ou se eles dependem exclusivamente da redução de impactos negativos. O estudo revelou que a certificação analisada busca a geração de bons impactos e inovação tecnológica, embora esses conceitos ainda sejam verificados em poucos créditos.*

## 1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, o conceito de desenvolvimento sustentável pode ser entendido como um processo que leva a mudanças na exploração de recursos, na orientação do desenvolvimento tecnológico e nas instituições, considerando as aspirações e necessidades humanas do presente e das gerações futuras. Destaca-se a visão sistêmica que esse conceito implica, envolvendo diversos setores para seu êxito (ÂNGULO, ZORDAN e JOHN, 2001).

A construção civil já é responsável por cerca de 50% da taxa de consumo de recursos naturais do planeta, sendo, por este motivo, objeto de pesquisas em um ritmo crescente. Considerando a escassez de recursos naturais que se observa atualmente, é incerto afirmar até quando esta alta demanda poderá ser suprida. Ao longo de todo o seu ciclo de vida, as atividades de construção estão conectadas a problemas que afetam o meio ambiente, como aquecimento global, mudanças climáticas, erosão do solo, desertificação, desmatamento, eutrofização, acidificação, perda de diversidade, poluição e consumo de recursos valiosos (AHN HAN et. al., 2016).

A partir desta perspectiva, as edificações sustentáveis possuem papel importante, pois são concebidas para fazer o uso racional de recursos naturais, utilizar materiais ecologicamente corretos e alterar o mínimo possível o ambiente no qual estão inseridas (YUDELSON, 2013).

### 1.1. Certificação LEED

Segundo Campos e Santos (2014), o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é o sistema internacional de certificação e orientação ambiental direcionado para edificações mais reconhecido atualmente. O objetivo do mesmo consiste em incentivar a transformação do projeto, obra e operação das edificações, com foco na sustentabilidade.

Considerando seu foco na construção sustentável, o sistema de certificação LEED avalia

oito categorias nas edificações: localização e transportes, espaço sustentável, eficiência no uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental, inovação e prioridades regionais (CAMPOS; CAMPOS, 2014).

O LEED possui 4 tipologias, que consideram diferentes atributos do empreendimento:

- BD+C – Novas Construções: projeto e construção;
- ID+C – Projeto de Interiores: projeto e construção;
- O+M – Edifícios Existentes: operação e manutenção;
- ND – Desenvolvimento de Bairros: projeto e construção.

As 4 tipologias avaliam 8 categorias, conforme a figura 1, elaborada pelo GBC Brasil (2016). Todas elas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos a escolher. Cada pré-requisito e crédito atendido garante pontos para a certificação. A categoria obtida por cada empreendimento é definida conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos, nível certificado, a 110 pontos, nível platina (GBC Brasil, 2016). Através de cada crédito, o sistema avalia o desempenho e concede os pontos se os requisitos foram atingidos (WU et al., 2017).



Figura 1: Categorias do sistema de certificação LEED

## 1.2. Eco-eficiência x Eco-eficácia

A consciência a respeito da redução dos impactos ambientais no setor da construção civil tem aumentado nos últimos anos. A discussão dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia contribui para este estudo. Para tal foram coletadas diferentes abordagens dos conceitos, os quais são apresentados a seguir.

Os autores McDonough e Braungart (2002) já avaliavam em suas pesquisas os conceitos bases para eco-eficiência e eco-eficácia, como o “triple bottom line” e “triple top line”. Para os autores, o conceito de “triple bottom line” representa uma importante ferramenta para integrar a sustentabilidade com economia, equilibrando objetivos econômicos, sociais e ambientais. Porém, os autores já relatam que uma estratégia focada apenas no “triple bottom line” pode ocultar a inovação no processo. Uma nova perspectiva de projeto aborda o conceito de “triple top line” o qual neste sistema, os materiais tornam-se alimento para o solo ou retornam para a indústria para sempre. Valor e qualidade são incorporados nos produtos, processos e instalações ecologicamente inteligentes, de maneira que deixem impactos positivos no meio ambiente. A eco-eficiência prevê um fluxo unidirecional de matérias: matérias-primas são extraídas do meio ambiente, transformadas em produtos e eventualmente eliminadas. Nesse sistema, técnicas com eco-eficiência procuram apenas minimizar o volume, a velocidade e a toxicidade do sistema de fluxo de material, porém não alteram sua progressão linear. Alguns materiais podem ser reciclados, mas, geralmente, como uma solução de fim de tubo, uma vez que os materiais não foram projetados para



serem reciclados (SIMON et al., 2017). Nesse contexto, a eco-eficiência caracteriza-se pela capacidade de produzir mais e melhores produtos usando menos recursos e minimizando o desperdício (SIMON et al., 2017).

Em contrapartida ao conceito de minimização e desmaterialização, o conceito de eco-eficácia propõe a transformação dos produtos e seus materiais associados. O objetivo principal não é minimizar o fluxo de materiais do “berço ao túmulo”, mas gerar um processo cíclico, de “berço ao berço”, que permite que os materiais se mantenham como recursos e acumulem inteligência ao longo do tempo (BRAUNGART et al. 2007).

Segundo Mc Donough e Braungart (2002) a tabela 1 mostra a comparação entre os conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia.

Tabela 1: Conceitos de Eco-eficiência x Eco-eficácia

ECO-EFICIÊNCIA	ECO-EFICÁCIA
Minimização da toxicidade dos produtos químicos utilizados	Saúde para as pessoas e planetas
Diminuição da geração de resíduos	Todo desperdício é nutriente para a indústria ou natureza
Redução da pegada de carbono	Sem emissões, sequestro de carbono, ar limpo
Redução da água utilizada e emissões	Filtros e recuperação dos sistemas de água
Prevenção da violação de direitos humanos	Comunidades prósperas

O conceito de eco-eficácia transcende a principal falha da eco-eficiência: sua incapacidade de abordar a necessidade de redesenho fundamental dos fluxos de materiais, seus inerentes antagonismos em relação ao crescimento econômico a longo prazo e à inovação, e sua insuficiência no tratamento de toxicidade. (BRAUNGART et al. 2007).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa consiste em analisar um prédio com certificação LEED a partir dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia. a atualização dos critérios e versões de um programa de certificação ambiental de prédios (LEED) a partir dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia.

Dada a crescente popularização da certificação LEED em muitos países, diversos estudos têm sido realizados sobre créditos obtidos pelos projetos certificados de modo a refinar as práticas e orientar o desenvolvimento futuro (WU et al., 2017).

A preocupação com a redução dos impactos ambientais nas empresas vem aumentando nos últimos anos. Diversas empresas de diferentes setores vêm buscado alternativas para reduzir ou eliminar os seus impactos no meio ambiente, como é o caso dos sistemas de certificação ambiental de prédios na construção civil. Neste contexto, eco-eficiência e eco-eficácia (também denominado eco efetividade) são dois conceitos que apresentam diferentes abordagens a este tema, e fundamentam as análises da certificação LEED realizada neste trabalho.

Estes argumentos justificam a realização do presente trabalho, visto a crescente importância que as certificações ambientais possuem no setor da construção civil.

### 3.1. METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado neste trabalho é o estudo de caso. Yin (2001) define o método como uma investigação empírica que analisa um elemento contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, principalmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

#### 3.1.2. Descrição do objeto de estudo

O objeto de estudo consiste em uma edificação corporativa de uma empresa multinacional que atua no ramo de softwares empresariais, localizada no campus da Unisinos, em São Leopoldo, RS. O prédio foi construído em duas fases, sendo ambas certificadas pelo sistema LEED, com classificação ouro.

A empresa conquistou a certificação LEED Ouro para Novas Construções no ano de 2010 para a Fase 1 e no ano de 2016 para a Fase 2. A certificação LEED NC (Novas Construções) contempla ações de sustentabilidade para a fase de projeto e obra.

#### 3.1.3. Delineamento de pesquisa

O delineamento da pesquisa está na figura 2, onde são apresentadas as etapas de pesquisas, respectivos objetivos, questões e elementos de informações.

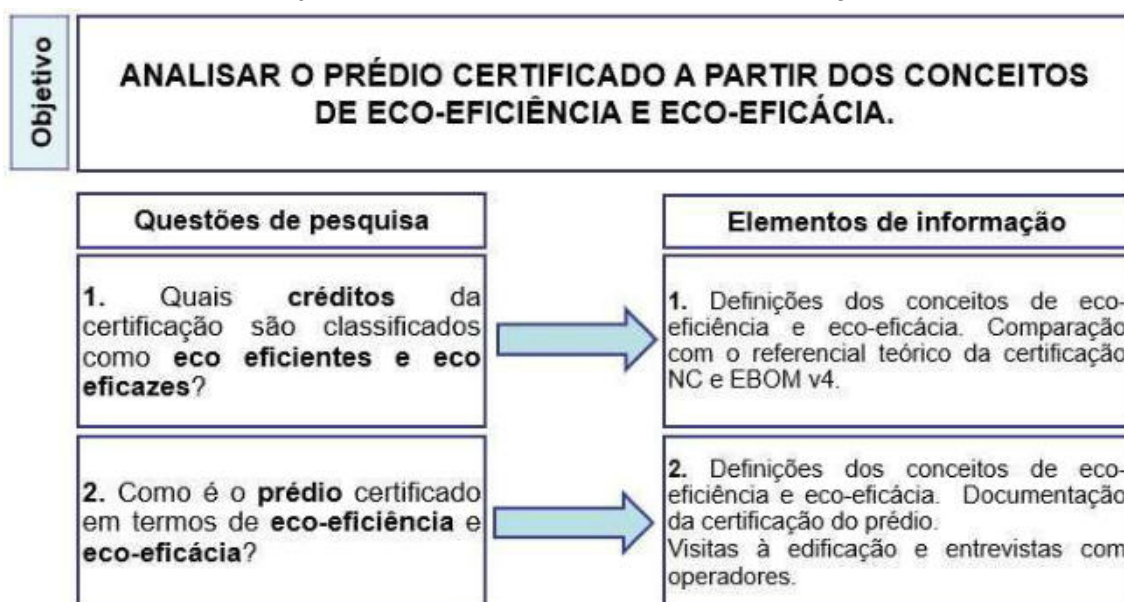


Figura 2: Delineamento de pesquisa

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Avaliação do prédio certificado no sistema LEED v4 (2016) a partir dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia

A avaliação da certificação LEED NC v4 (2016) para os critérios de eco-eficiência e eco-eficácia foi realizada através da análise dos requisitos estipulados em cada crédito. Foram verificados se os requisitos buscavam apenas a redução dos impactos ambientais, ou se além disso, buscavam impactos positivos no meio ambiente ou uso de inovação tecnológica. Verificou-se qual a porcentagem de créditos que possuem ações com eco-eficiência e eco-eficácia.

A análise foi realizada em todas as categorias, como mostra o exemplo da tabela 2 a seguir, elaborada pela autora.

**Tabela 2:** Eco-eficiência e eco-eficácia na categoria WE – Eficiência no Uso da Água NC v4 (2016)

	CRÉDITO	PONTOS OBTIDOS	PONTOS POSSÍVEIS	ECO-EFICIÊNCIA	ECO-EFICÁCIA	JUSTIFICATIVA
WEp1	Redução do Uso da Água do Exterior	PR	PR	PR	PR	Redução no uso de recursos naturais e incentivo ao uso de fontes alternativas.
WEp2	Redução do Uso de Água do Interior	PR	PR	PR	-	Redução no uso de recursos naturais e incentivo ao uso de fontes alternativas.
WEp3	Medição de Água do Edifício	PR	PR	PR	PR	Apoiar a gestão da água e incentivar oportunidades adicionais de economia e localização de problemas.
WEc1	Redução do Uso da Água do Exterior	2	2	1	1	Redução no uso de recursos naturais e incentivo ao uso de fontes alternativas no paisagismo.
WEc2	Redução do Uso de Água do Interior	6	6	6	-	Redução no uso de recursos naturais e incentivo ao uso de fontes alternativas.
WEc3	Uso de Água na Torre de Resfriamento	0	2	0	-	Redução no uso de água.
WEc4	Medição do Consumo de Água	1	1	0.5	0.5	Apoiar a gestão da água e incentivar oportunidades adicionais de economia e localização de problemas.

Após a análise geral dos créditos da certificação de projeto e obra, conclui-se uma predominância de créditos que buscam apenas a redução de impactos e não buscam gerar impactos positivos no meio ambiente, conforme mostra a figura 3. A avaliação dos créditos resultou em 64% de créditos classificados como eco-eficiência e 36% de créditos como eco-eficácia.

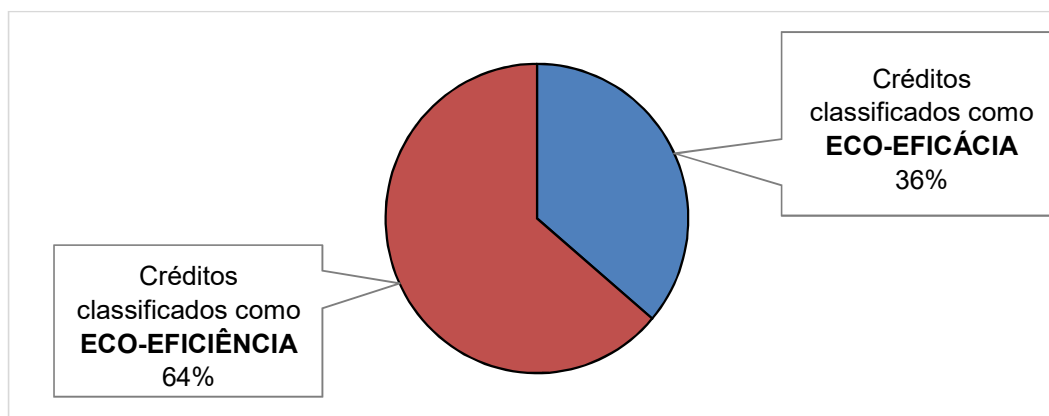


Figura 3: Porcentagem de classificação dos créditos eco-eficientes e eco-eficazes para certificação NC v4 (2016)

A análise da pontuação da certificação atual no prédio, revela que o prédio atinge 38 pontos eco-eficientes e 18 pontos eco-eficazes, como mostra a tabela 3. Conclui-se que o prédio

atualmente possui mais ações que buscam diminuir os impactos no meio ambiente. Apenas observa-se que 32 % da pontuação se refere a ações que buscam inovações tecnológicas e por consequência causam impactos positivos no meio ambiente.

Tabela 3: Pontuação do prédio com a classificação dos créditos segundo eco-eficiência e eco-eficácia

Classificação:	Eco- Eficiência	Eco-eficácia
Pontuação:	38 pontos	18 pontos

#### 4.2. Avaliação do prédio certificado no sistema LEED EBOM v4 (2016) a partir dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia

A avaliação dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia na certificação de uso e operação foi realizada através da análise do guia de referência da certificação. Foram verificadas a aplicação dos conceitos em cada crédito referente à operação e manutenção da mesma e posteriormente aplicado nos créditos que a edificação em estudo atingiria.

A análise foi realizada em todas categorias, como mostra o exemplo da tabela 4, elaborada pela autora.

Tabela 4: Eco-eficiência e eco-eficácia na categoria WE – Eficiência no Uso da Água EBOM v4 (2016)

	CRÉDITOS	PONT. OBTIDA	PONT. POSSÍVEL	ECO- EFICIÊNCIA	ECO- EFICÁCIA	JUSTIFICATIVA
WEp1	Redução do Uso de Água no interior da Edificação	PR	PR	PR	-	Redução no uso dos recursos naturais.
WEp2	Medição do Desempenho de Água	PR	PR	PR	PR	Apoiar a gestão da água e incentivar oportunidades adicionais de economia e localização setorizada de problemas.
WEc1	Redução do Consumo de Água no Exterior da Edificação	2	2	1	1	Redução no uso de recursos naturais e incentivo ao uso de fontes alternativas no paisagismo.
WEc2	Redução do Consumo de Água no Interior da Edificação	5	5	1	-	Redução no uso de recursos naturais.
WEc3	Gestão da Água para Sistemas de Resfriamento	3	3	1	-	Redução no uso de recursos naturais.
WEc4	Medição do Consumo de Água	1	2	.5	.5	Apoiar a gestão da água e incentivar oportunidades de economia do sistema e localização setorizada de problemas.

A avaliação dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia na certificação de operação e manutenção EBOM v4 (2016) revela uma porcentagem de 35% de créditos que se

classificam no conceito de eco-eficácia, os quais buscam inovações tecnológicas e causam impactos positivos no meio ambiente. Os demais créditos avaliados, resultaram em uma porcentagem de 65% de créditos que procuram reduzir os impactos no meio ambiente, os quais se classificam no conceito de eco-eficiência, resultando como predomínio da certificação, conforme mostra a figura 26.

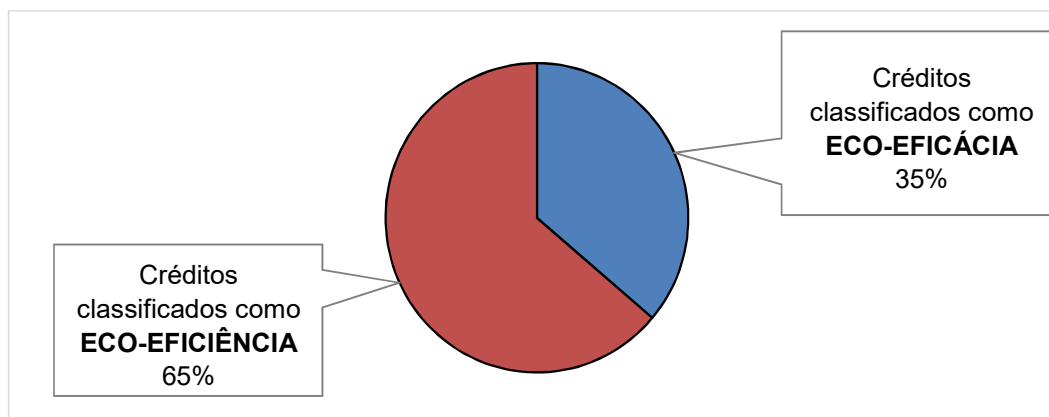


Figura 4: Porcentagem de classificação dos créditos eco-eficientes e eco-eficazes para certificação EBOM

Por fim, a análise da pontuação possível de ser obtida para certificação LEED EBOM v4 (2016) revela que o prédio atingiria 34 pontos de créditos classificados no conceito de eco-eficácia e 41 pontos de créditos classificados no conceito de eco-eficiência, como mostra a tabela 5.

Tabela 5: Pontuação do prédio com a classificação dos créditos segundo eco-eficiência e eco-eficácia Eco-eficiência e eco-eficácia na categoria WE – Eficiência no Uso da Água EBOM v4 (2016)

Classificação:	Eco- eficiência	Eco- eficácia
Pontuação:	41 pontos	34 pontos

A análise revela que, apesar da certificação possuir maior porcentagem de créditos no conceito de eco-eficiência, a pontuação que a edificação obteria demonstra maior regularidade entre os dois conceitos nos créditos obtidos. A diferença quantitativa dos créditos pontuados não demonstra grande diferença entre a porcentagem de créditos classificados como eco-eficiência e eco-eficácia. Isso deve-se ao fato de a operação da edificação já ser engajada na realização de ações que buscam inovações tecnológicas e impactos positivos para o meio ambiente, como medições setorizadas de consumo, uso de materiais inovadores, reutilização da água da chuva e uso de plantas nativas que não necessitem de irrigação.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos conceitos de eco-eficiência e eco-eficácia na certificação de projeto LEED NC v4 (2016) revelou uma predominância de 64% de créditos classificados no conceito de eco-eficiência, ou seja, que objetivam reduzir os impactos ambientais. A inovação tecnológica e a geração de impactos positivos no meio ambiente, apesar de presentes em 36% dos créditos, ainda sim é significativa na certificação.



Os conceitos avaliados na certificação de operação e manutenção LEED EBOM v4 (2016) também possuem resultados semelhantes, com 35% de créditos que buscam criar impactos positivos no meio ambiente e não apenas reduzi-los.

O estudo revelou que a certificação LEED vem aumentando o rigor para os critérios ambientais ao longo do tempo. A pesquisa mostrou que a certificação está em busca de não apenas reduzir os danos causados pela construção e pelos usuários no meio ambiente, mas também na criação de novas tecnologias, com a valorização da reciclagem e reutilização de materiais, utilização de fontes renováveis de água e energia.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *AHN HAN, Y.; JUNG, C. W.; SUH, M.; JEON H.M. Integrated Construction Process for Green Building. Procedia Engineering. USA. v. 145, p. 670-676, 2016. Disponível em < h [https://doi:10.1016/j.proeng.2016.04.065](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.065) >. Acesso em 27 de junho de 2017.*
- *ÂNGULO, S.C.; ZORDAN, S.E; JOHN, V.M. Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações, 4. 2001. São Paulo. Anais... São Paulo: CT206 – IBRACON, 2001. Disponível em: h [ttp://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20iv\\_ct206\\_2001.pdf](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20iv_ct206_2001.pdf). Acesso em 20 de junho de 2017.*
- *BRAUNGART, M.; McDONOUGH, W.; BOLLINGER, A. Cradle-to-Cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. Journal of Cleaner Production. USA. v. 15, p. 1337-1348, 2007. Disponível em <[https://doi:10.1016/j.jclepro.2006.08.003%20](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.08.003%20)>. Acesso em 23 de junho de 2017.*
- *CAMPOS, V. R., MATOS, N. S., & BERTIN, A. A. Sustentabilidade E Gestão Ambiental Na Construção Civil: Análise Dos Sistemas De Certificação Leed E Iso 14001. Revista Eletrônica Gestão & Saúde. Brasil. v 6, p. 1104–1118, 2009. Disponível em <<https://doi.org/10.4324/9780080455471>>. Acesso em 20 janeiro 2017.*
- *Mc DONOUGH, W.; BRAUNGART, M. Design for the Triple Top Line: New Tools for Sustainable Commerce. Corporate Environmental Strategy. United States. v. 3, P. 251-258, 2002. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S1066-7938\(02\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S1066-7938(02)00069-6)>. Acesso em 01 de fevereiro de 2018.*
- *Mc DONOUGH, Willian; BRAUNGART, Michael. Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things. 1. Ed. United States. North Point Press, 2002.*
- *SIMON, L.; MORAES, C. A. M., MODOLO, R. C. E., VARGAS, M., CALHEIRO, D., BHREM, F. A. Recycling of contaminated metallic chip based on eco-Efficiency and eco-effectiveness approaches. Journal of Cleaner Production. USA. v. 153, p. 417-424, 2017. Disponível em < h <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.058> >. Acesso em 23 de outubro de 2017.*
- *WU, Peng. et al. A comprehensive analysis of the credits obtained by LEED 2009 certified green buildings. China. v.68, p.370-379, 2017. Disponível em < h <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.007>>. Acesso em 12 janeiro 2017.*
- *YIN, Robert K. Estudo de caso – planejamento e métodos. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.*
- *YUDELSON, Jerry. Projeto Integrado e Construções Sustentáveis. Tradução de Alexandre Salvaterra. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.*

# CONSTRUCCIÓN CON TIERRA LINEAMIENTOS PARA UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE, REINTERPRETADA A PARTIR DE NECESIDADES ACTUALES

*Natalí Bernhardt (nataly\_solbernhardt@hotmail.com); Romina Borselli (romiborselli@hotmail.com); Marcos Battista (battista.marcos@hotmail.com)*

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Arquitectura y Diseño Urbano (UNL-FADU) - Arg.

**Palabras clave:** tierra, sostenibilidad, techo-sombra, techo-espacio, innovación constructiva

*La presente investigación fue presentada como Trabajo Final de la carrera de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad Nacional del Litoral por los alumnos Marcos A. Battista, Natalí S. Bernhardt y Romina L. Borselli.*

*La investigación se basa en la utilización de la tierra como recurso principal en la construcción, tomando como concepto de partida la sostenibilidad. Se buscó resignificar el material, potenciar sus beneficios y fomentar su uso desde el diseño de un equipamiento de interés social con estética contemporánea, acorde a las necesidades del poblado de San José del Rincón.*

*La metodología abordada para realizar esta investigación se desarrolló a través de tres etapas:*

*Teórica: se conformó un marco teórico tomando los conceptos principales que guiaron la investigación.*

*Análítica: se realizó un análisis de sitio y una identificación de variables intervinientes.*

*Proyectual: se desarrolló un proyecto de interés social adaptado a las condiciones del sitio, el cual refleja los conceptos y teorías abordados.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Considerando que el área de la construcción genera una contaminación que alcanza valores entre un 40% y un 60% (Gonzalo, 2004) en países desarrollados, y teniendo en cuenta que existe una falta de promoción de herramientas para generar diseños sostenibles que permitan disminuir estos valores, se propone como alternativa la utilización de la tierra como material constructivo. Son numerosas las ventajas que este presenta, entre ellas, su amplia disponibilidad y bajo costo, es reutilizable, presenta una excelente capacidad higroscópica, no requiere equipos sofisticados para la construcción y contribuye a economías regionales debido a que demanda un uso intensivo de mano de obra.

### 1.1. Estado del arte

Parte del desarrollo de la investigación consistió en identificar antecedentes considerados de relevancia, clasificándolos en diferentes niveles según su alcance: iberoamericano, internacional, nacional y local.

Entre ellos, se destaca el trabajo del arquitecto Marcelo Cortés Álvarez, de la Universidad de Chile, debido a la innovación tecnológica presente en sus obras realizadas de tierra. El empleo de la quincha metálica como sistema estructural en sus obras combina las características de tierra-compresión y ferro tracción para obtener un material compuesto y sismo resistente. Lo que interesa de este profesional es el desarrollo y renovado enfoque sobre las diversas técnicas tradicionales utilizadas en la construcción con tierra. Su trabajo

no sólo ha revalorizado este material como masa térmica en este ámbito, sino que ha posibilitado generar nuevas sensibilidades asociadas al diseño y arquitectura contemporánea. (Cortés A., s. f.)

Por otro lado, el arquitecto Ramiro Meyer, para su trabajo de titulación, desarrolló y construyó una bóveda experimental denominada Catenarius a partir de la reinterpretación de las estructuras que desarrolló Félix Candela, utilizando materiales locales y técnicas simples en respuesta al sitio.

Además, se indagó a nivel local sobre distintos actores relacionados a la construcción con tierra, a fin de conocer obras, formas de construcción recurrentes, tipos y usos de las construcciones en cuestión, etcétera. Algunos de ellos son Fernando Salvador, Juan Vichetti, ingeniero Ariel González, arquitecta Marcela Estrada y arquitecta Carolina Lazarini, entre otros.

## 1.2. Situación Problemática

En este marco, donde hay numerosas iniciativas en la construcción con tierra, se detectaron ciertos inconvenientes que se repiten en el discurso de los profesionales involucrados en esta temática y que atañen aspectos como el normativo. En este sentido, la Arquitecta Maillen Weiss (2014) comenta que “los reglamentos y regulaciones existentes para la construcción de edificios en los diferentes municipios no contemplan este tipo de construcción o simplemente la prohíben con muy escasísimas excepciones”. En la localidad de Santa Fe particularmente, no existe una normativa que reglamente estas construcciones. A nivel censal, las construcciones con tierra tienen el rótulo de “rancho” y se encuentran ligadas directamente al contexto rural y a condiciones de habitabilidad no satisfactorias, (INDEC, s.f.) sin tener en cuenta las ventajas que este material presenta en relación al confort y al medioambiente.

En el aspecto social, se ha instalado en el imaginario de la población valoraciones previas de las construcciones con tierra, asociándolas con la precariedad, los bajos recursos y limitando su uso al medio rural. (Rotondaro y Petrone, 2009).

Desde lo académico se presentan negativas ante la elección de esta tecnología para la construcción, debido que, para la mayoría de los profesionales, la construcción con tierra es un terreno en el que no quieren entrometerse por entender que estarían arriesgando responsabilidades mayores a las que habitualmente están preparados (Weiss, 2014).

En relación a estas cuestiones el objeto de estudio se desarrolló en torno a que, ante una innegable proliferación de la arquitectura costosa en energías no renovables y de alto impacto ambiental, basada en la supremacía del cemento y de nuevos productos químicos como respuesta a todos los problemas (Tassin, s.f.) muchos profesionales de la construcción, y en consecuencia el comitente y público en general, desconocen las posibilidades que presenta la tierra, como así también cuáles son los criterios de diseño, tecnológicos, económicos y estéticos que se requieren para su utilización en el desarrollo sostenible de una arquitectura contemporánea.

## 2. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y en torno al objeto de estudio, se presenta el objetivo definido para dar respuesta a la problemática identificada y los objetivos particulares que permitirán el cumplimiento del general.

Generar herramientas de diseño que potencien el uso de la tierra como material constructivo en el desarrollo sostenible de la construcción, aplicándolo en un equipamiento de interés social de manera innovadora con estética contemporánea.

### **Objetivos Particulares:**

- Identificar la implicancia de los conceptos de sustentabilidad y sostenibilidad aplicados a la tecnología, el ambiente y diseño en el ámbito de la construcción.
- Identificar las necesidades actuales de la localidad de San José del Rincón (Santa Fe), que puedan ser resueltas a partir del diseño de un equipamiento en tierra.
- Construir parámetros para determinar el sitio de implantación y desarrollo de la obra.
- Establecer cuál es la tecnología constructiva más adecuada para la construcción con tierra en la localidad.
- Identificar parámetros para el diseño de un equipamiento proyectado con técnicas de tierra.

### **3. HIPÓTESIS**

La investigación en torno al objeto de estudio puede ayudarnos a reconocer criterios y líneas de abordaje que constituirán el eje para el desarrollo de una propuesta arquitectónica materializada con tierra que dé respuestas a las demandas y necesidades de la sociedad actual de la localidad de San José del Rincón, partiendo del desarrollo sostenible y el rol del arquitecto como ejes de la investigación, reinterpreta los usos convencionales de la tierra en la construcción en conjunto con las técnicas y avances que las mismas han tenido.

### **4. MARCO TEÓRICO**

Se desarrollaron conceptos y teorías para contextualizar la investigación sobre la construcción con tierra desde tres pilares fundamentales: primero, la sostenibilidad como premisa de diseño; segundo, las diferentes técnicas constructivas posibles con este material y su reinterpretación y aplicación desde necesidades contemporáneas; y tercero, el rol que como arquitectos y profesionales se afrontará en un futuro, entendiendo la responsabilidad y compromiso con el medio ambiente, el contexto urbano y el comitente.

#### **4.1. Sostenibilidad**

Para esta investigación, se tomó el concepto de **sostenibilidad** desarrollado por la UNESCO, el cual refiere a un paradigma que invita a pensar un futuro donde se busque mejorar la calidad de vida a partir de un equilibrio de los aspectos ambientales, sociales y económicos. En este sentido, la sostenibilidad no sólo tiene que ver con la preservación del medio ambiente, sino que además atiende a las condiciones sociales, políticas y económicas tanto de las generaciones actuales como las futuras.

Además, en 1987 se estableció el concepto de **desarrollo sostenible** en el informe de la Comisión de Brundtland<sup>113</sup>, el cual lo define como un “desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. También especifica que el mismo debe abarcar tres dimensiones: el medio ambiente, la sociedad y la economía, entendiendo que están interconectadas. En el artículo Versus (2014), se encuentran definidas y desarrolladas de la siguiente manera:

- **Ambiental:** se refiere a potenciar la capacidad humana para disminuir e incluso evitar los impactos negativos sufridos por el medio ambiente por causa de sus actividades.
- **Sociocultural:** aborda la reunión de todos los impactos sociales y culturales positivos, es decir, el sentido de pertenencia y de identidad, el desarrollo comunitario, la protección del paisaje y la transmisión de culturas y prácticas tradicionales, la

---

<sup>113</sup> El Informe de Brundtland es un informe elaborado por las diferentes naciones para la ONU en 1987 por una comisión encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland, entonces primera ministra de Noruega.

capacidad de estimular la creatividad, el reconocimiento de valores culturales y la cohesión social.

- **Socioeconómica:** contemplar la reducción de esfuerzos y costos a través de un abordaje consciente en todas las etapas (diseño, construcción y mantenimiento), reduciendo así los impactos que contribuyen a mejorar la calidad de vida.

#### 4.2. Técnicas de construcción con tierra

Se indagó, además, en las diferentes técnicas de construcción con tierra, cuyas variaciones se dan en relación a la mano de obra del lugar, materiales disponibles y principalmente a la cultura del lugar. Según Miguel Rocha y Félix Jové (2015), hoy existen doce métodos principales, que pueden separarse en tres categorías de sistemas constructivos:

- **Forma monolítica y portante:** tierra excavada, vertida, apilada, moldeada y comprimida.
- **Forma de albañilería portante:** Tierra cortada, extruida y moldeada.
- **Para relleno de una estructura o armazón de apoyo hecho de otro material:** tierra en recubrimiento, tierra y paja, tierra de relleno y tierra en cubierta.

#### 4.3. Rol del arquitecto

Desde hace unos años, tanto países desarrollados como subdesarrollados comenzaron a tomar medidas con respecto al uso racional de la energía, luego de concientizarse sobre los daños que el mal uso de las mismas provocaba en el ambiente. La primera crisis energética en 1973 quizás fue el primer llamado de atención, donde se comprendió que las decisiones que tomaran los grupos de poder, podrían afectarnos a todos, pobre y ricos.

El ámbito de la arquitectura no quedó fuera de estas discusiones. Ya en estos años se conocían los valores de contaminación y deterioro del medio ambiente que el área de la construcción provocaba. Sin embargo, Gonzalo en *Manual de arquitectura bioclimática* (2004) sostiene que se ha realizado muy poco para capacitar a los profesionales del ámbito de la construcción a fin de que “puedan convertirse en decisores apropiados y guías sociales para el uso racional de la energía y la utilización de energías renovables en la edificación”. Es primordial, por otro lado, generar conciencia en los usuarios sobre el problema energético y dar guías simples para la aplicación de medidas conservacionistas.

Sin embargo, existe una falta de voluntad en cuanto a capacitación de estudiantes y profesionales del ámbito de la construcción respecto del aprendizaje de modos sostenibles de diseño. La construcción con tierra no escapa de esta realidad. Las razones de esta situación pueden tener numerosas causas, pero la principal es el auge de materiales industrializados y la supremacía de éstos luego de la Revolución Industrial. A partir de este momento, el uso de técnicas y materiales naturales fue desplazado y se ha consolidado un prejuicio en torno a ellos por asociarlos a lo “precario”. A ello se suma las leyes del mercado actual, donde la imagen juega un papel fundamental sin importar cómo se llegue a ella (Muñoz, 2008).

### 5. ANÁLISIS DEL SITIO

Para el proyecto, se estudiaron los aspectos naturales de Santa Fe, entre ellos el clima, vientos, y régimen de lluvias, resultando como característica principal la necesidad de dar respuesta a las severas condiciones climáticas que presentan los veranos del litoral. Se tomaron datos de la Carta Medioambiental de San José del Rincón escrita por José Ignacio Serralunga (1996), la tesis realizada por Lacourling, Rodrigo y Onetto (2003), la compilación realizada por María Laura Bertuzzi (2010), el libro *Árboles Autóctonos Argentinos* de Santos Biloni (1990) y los propuestos por CETUL en el sitio de la Universidad Nacional del Litoral (2017).



Para la intervención se seleccionó a la localidad de San José del Rincón, a partir del conocimiento de obras patrimoniales construidas con tierra, además de iniciativas de un grupo de pobladores que desde hace aproximadamente una década decidieron autoconstruir sus viviendas con dicho material.

La localidad se encuentra 7Km al norte de la ciudad de Santa Fe, su eje principal está dado por la ruta provincial N°1 entre los kilómetros 4,5 y 10,3, limitando al norte con Arroyo Leyes, al sur con Colastiné, al oeste con la Laguna Setúbal y al este con el río Colastiné.

Como la provincia de Santa Fe se ubica sobre la región geográfica denominada Llanura Platense, la localidad de estudio se ve influenciada por la zona de relieves vinculados al cauce del Río Paraná.

En cuanto al análisis de los aspectos naturales, se determinó que el clima corresponde a una zona templada, con temperaturas medias anuales que oscilan entre los 17°C y 21°C. Cuenta con un régimen de precipitaciones que varía entre los 900 y 1000mm anuales.

Los vientos que predominan en la zona son: el pampero, proveniente del sudoeste, indica cambios bruscos de temperatura; la sudestada y el Viento de las víboras que proviene del norte, pesado e insidioso y de velocidad reducida. Es el viento característico del verano santafesino y constituye uno de los principales aspectos a tener en cuenta. Estas particularidades generan un microclima específico, caracterizado principalmente por la rigurosidad de los veranos.

A partir de estas variables se tomó como base de estudio el análisis realizado por César Carli. En él se exponen las diferentes adaptaciones que han tenido las tipologías arquitectónicas litorales como resultado de los códigos estilísticos heredados, la aplicación de normas catastrales, pero principalmente como respuesta ante las severas condiciones climáticas del litoral. En el siguiente cuadro se muestran estas mutaciones a lo largo del tiempo y se evidencia el uso de la sombra como estrategia manifestada en la polinuclearidad, como recurso para generar espacios intermedios frescos y las galerías, como dispositivos moderadores de luminosidad. Estos recursos se evidencian en varias obras regionales, entre ellas la plaza seca del Molino Franchino, el semicubierto casetonado de la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe, y la recepción semicubierta del Túnel Subfluvial Raúl Uranga- Carlos Sylvestre Begnis, donde se incorpora la sombra como estrategia programática.

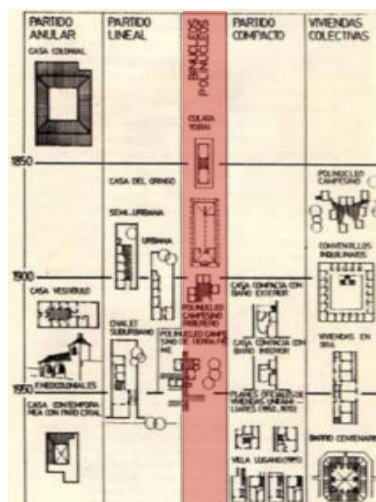


Imagen 1. Evolución de las tipologías. En "La arquitectura en la memoria" (p. 52), por César Luis Carli, 1987. Sanra Fe, Cuadernos de extensión universitaria.

Por otro lado, se hizo un relevamiento de las obras construidas con tierra en la zona, abarcando desde Colastiné Norte hasta Arroyo Leyes. Se utilizó la técnica de fichaje para

identificar los datos principales de la obra (propietario, localización, uso, valor patrimonial), forma de construcción, acceso para la construcción, inicio y finalización de la misma (se detallan las etapas en caso de que existiesen), tipologías, patologías presentes y su tratamiento y, por último, la técnica de construcción utilizada. Se relevaron en total 52 obras de las cuales se ficharon 47, debido a que no se pudo entrar en contacto con los propietarios o constructores de las restantes. De las mismas, 20 pertenecen a Arroyo Leyes, 25 a San José del Rincón y 7 a Colastiné Norte. Este fichaje permitió obtener líneas de abordaje para el diseño del equipamiento propuesto, considerando principalmente las técnicas de construcción más utilizadas, en este caso las mamposterías de adobes y la quincha.

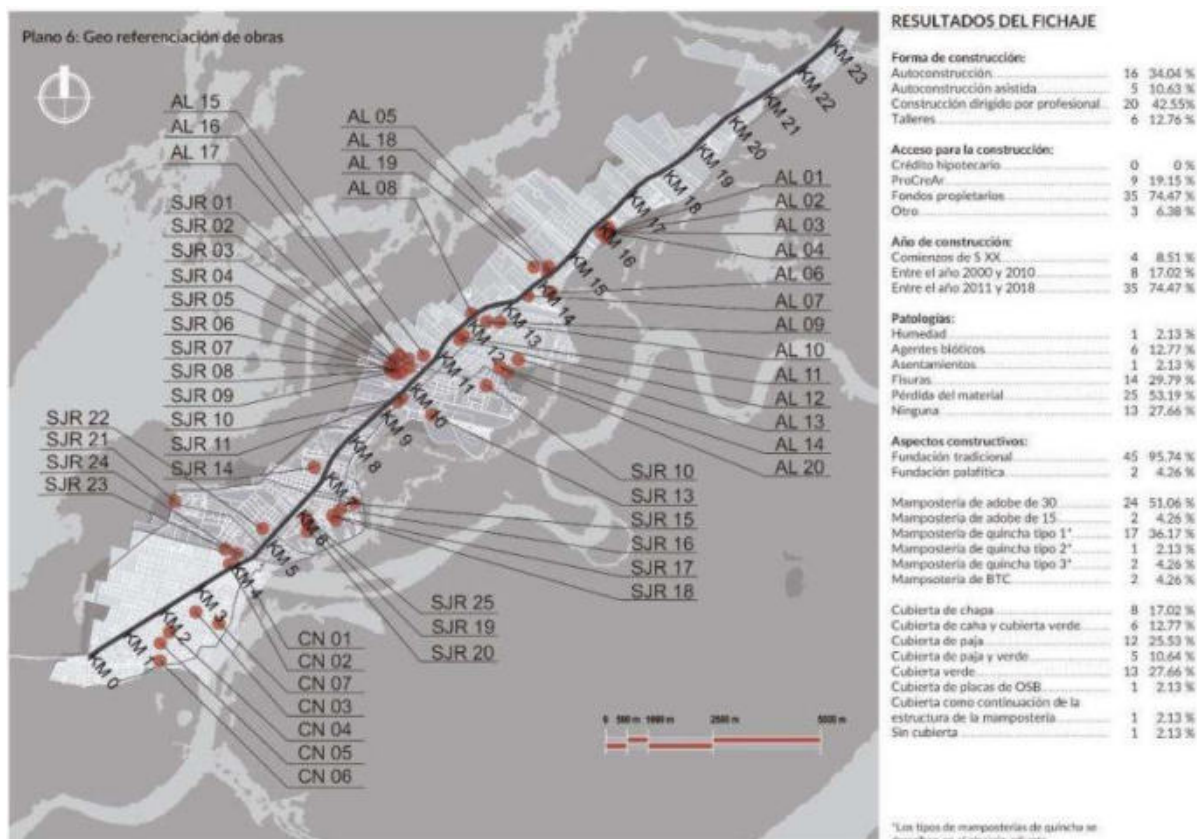


Imagen 2. Plano de georreferenciación de las obras fichadas y resultados del fichaje.

### 5.1. Identificación de necesidades

A partir de numerosas reuniones con actores locales, se determinó la falta de un espacio que permita realizar actividades permanentes y esporádicas regionales, tales como ferias gastronómicas, y artesanales y desarrollo del mercado local, entre otras. Como parte del ejercicio, se realizó un relevamiento de los puestos de venta ubicados sobre la Ruta 1 durante el mes de octubre del 2017, detectando 37 de ellos. La cantidad de estos varía según la época del año, días de la semana y condición climática de la jornada.

Ante esto, y bajo observaciones proporcionadas por autoridades municipales, se propuso un equipamiento que atienda estas necesidades, determinando como sitio de intervención el Camping Municipal Julio Migno, sitio seleccionado en el marco del proyecto de recuperación del mismo, con el objetivo de configurar un espacio de apoyo para las actividades que se desarrollan en él y las anteriormente mencionadas.

### 5.2. Sitio de intervención

Se realizó una evaluación del sector a intervenir a partir del uso de la matriz DAFO, con ella se detectaron diversos aspectos a considerar en el proyecto.

### **Amenazas:**

- La implantación del terreno lindante al arroyo Ubajay genera inseguridad por el registro creciente de inundaciones que presenta la zona. Si bien se construyó un terraplén de protección, siempre existirá en el imaginario de la población lugareña la sensación de inseguridad que estas catástrofes naturales provocan.
- En base a la ordenanza 082/12 Desarrollo Urbano, Turístico, Industrial, Comercial y Social de la Localidad de San José del Rincón – 2012, sancionada el día 10 de diciembre de 2012, el terreno se encuentra ubicado en el área FAD1, es decir que forma parte de la superficie afectada por inundaciones con recurrencia de 5 años promedio. Cabe destacar que esto sucedería de manera excepcional en un caso hipotético en el que la defensa colapse y las estaciones de bombeo dejen de funcionar.

### **Oportunidades:**

- La situación de borde en la que se encuentra el terreno genera una condición intersticial que, a través de una intervención, puede resolver la vinculación con el paisaje costero característico del lugar, y la posibilidad de generar una transición entre la mancha urbana y el espejo de agua.
- El terreno se encuentra conectado con la mancha urbana principalmente por dos calles que lo delimitan: Saavedra y Milagros de Arteriza. La primera es una de las vías más importantes de la localidad, debido a que es la única que atraviesa el sector Este hasta el terraplén de defensa, con lo cual se tiene un acceso directo desde la Ruta N° 1.

### **Debilidades:**

- Bajo mantenimiento de las instalaciones, incluso deterioro irreversible de algunos equipamientos y mobiliario, lo que conlleva al desuso de varios sectores del Camping.
- Falta de vinculación del terreno con el arroyo Ubajay y el Balneario Municipal debido a la barrera física y visual que constituye el terraplén de defensa.
- Existencia de un reservorio al sur, próximo a calle Saavedra, el mismo funciona como recolector de las aguas de lluvia de todo el sector urbano próximo, y debido a que el mismo no cuenta con escurrimiento hacia el arroyo, siempre presenta un nivel de agua que aumenta o disminuye según el régimen pluvial.

### **Fortalezas:**

- El sitio se encuentra enmarcado por dos componentes que influirán decisivamente en el diseño del proyecto: historia y naturaleza. Ambos representan una oportunidad para el crecimiento turístico y la consolidación del sector a nivel local.
- Existencia de vegetación arbórea, lo que regula los efectos de las condiciones climáticas de la zona que puedan llegar a afectar a la construcción de tierra.
- La costa junto con el arroyo conforma el paisaje típico de la zona, a la vez que generan una oportunidad de crear visuales agradables.
- El terreno presenta una accesibilidad rápida posible desde la ruta 1 por calle Saavedra, la misma se constituye además como un eje que vincula a escala territorial el sector.

## **6. PROYECTO**

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se propuso un proyecto arquitectónico de código abierto, que retoma los conceptos de techo-sombra, techo-espacio propuestos por Carli, como estrategia para generar sombra en espacios de uso al aire libre, otorgando la flexibilidad necesaria para adaptarse a los diversos usos requeridos. Por otro lado, se dotó de carácter icónico a la propuesta como oportunidad para consolidar el sector a nivel local y turístico, tomando como referencia la obra Catenarius del arquitecto paraguayo Ramiro Meyer.

Particularmente para este proyecto, se buscó la simplicidad a los efectos de generar un

módulo repetible capaz de crear sistemas mayores. De esta manera la generación de la forma parte de una semiesfera intersectada por 4 planos perpendiculares entre sí, dando como resultado una bóveda vaída. Se trata de un sistema estructural de forma activa capaz de cubrir grandes luces sin apoyos intermedios, donde todos sus elementos resistentes se encuentran sometidos a esfuerzos de compresión.

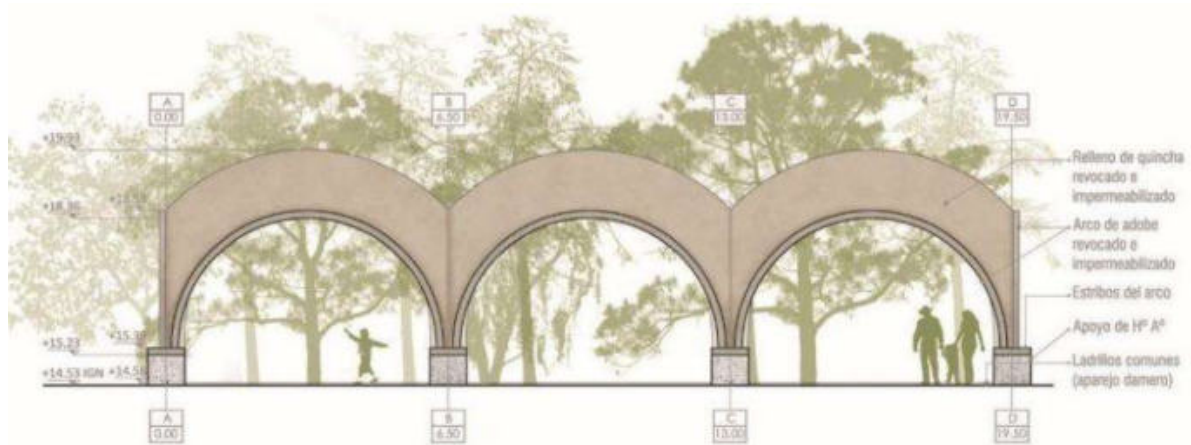


Imagen 3. Vista del proyecto.

Para la ejecución de la bóveda se propuso el uso de quincha y adobes, teniendo en cuenta la recurrencia de estas técnicas en el fichaje realizado. Sin embargo, se realizó una adaptación de esta técnica por quincha metálica, con el objetivo de flexibilizar la ejecución, tomando como referente al arquitecto chileno Marcelo Cortés Álvarez, quien ha reformulado las técnicas constructivas tradicionales en tierra y ha aportado una nueva sensibilidad asociada al diseño y estética contemporánea.

### 6.1. Master plan

A partir de la evaluación del terreno con la matriz DAFO y como parte de las estrategias mencionadas en el plano de preexistencias, se propuso un partido lineal conformado por dos tiras modulares semicubiertas. Las mismas se ubican estratégicamente entre los dos ingresos principales al Camping Municipal Julio Migno, sobre la cota más alta y en torno a un eje que recorre el mismo en sentido Norte Sur. Este eje constituye la conexión entre el terreno y el balneario municipal y se materializa en un sendero con forestación que complementa la linealidad del conjunto.

La forestación se eligió a partir de un análisis de la flora autóctona, seleccionando la tipa y el ibirá pitá como idóneas para el proyecto, debido a que ambas son especies de rápido crecimiento y cuentan con una amplia copa aparasolada semicaducifolia que protegería las estructuras ante los efectos erosivos del clima. Por otro lado, su largo fuste permite mantener la vinculación visual entre los distintos sectores del camping.





Imagen 4. Master plan. Ubicación del proyecto en el sitio. Relevamiento de las preexistencias.

## 6.2. Entorno inmediato

El conjunto se organiza en torno a una grilla estructural que permite el crecimiento modular en sentido lineal. Esta flexibilidad se ve posibilitada por el módulo estructural de 6m x 6m que permite este acoplamiento lineal y el sistema de fundaciones que debe dejarse previsto para garantizar la uniformidad estructural.



Imagen 5. Proyecto.



### 6.3. Materialización

Se tomó como base para su materialización los datos recabados mediante la técnica de fichaje, principalmente lo que concierne a las técnicas de construcción con tierra más recurrentes en la zona, en este caso, la utilización de adobes y la quincha.

- **Fundaciones:** son realizadas con hormigón armado. Se compone de cuatro apoyos unidos por un encadenado y se propone la utilización de pilotes diseñados para alcanzar el suelo firme, garantizando estabilidad, debido a que no existe un estudio de suelo en el sector a intervenir. Los cuatro apoyos sobresalen 70 cm sobre el nivel de piso, a fin de garantizar que la estructura de tierra que se asienta sobre ellos quede fuera del alcance del agua de una eventual inundación.
- **Estructura principal:** formada por 6 arcos de medio punto de adobe, 4 de los mismos tienen 3 m de radio y conforman los ingresos al módulo, y los 2 restantes, de 4.24 m de radio, cruzan diagonalmente rigidizando el conjunto. Se realizaron diseños de cimbras necesarias para la ejecución de los arcos, las cuales se pretenden que permanezcan durante todo el proceso de ejecución, a fin de garantizar la estabilidad de la estructura.
- **Cerramiento:** realizado con la técnica de quincha metálica, como propuesta para una reformulación de las técnicas de construcción con tierra tradicionales y como respuesta a la complejidad de la forma elegida para el módulo base. Particularmente para este proyecto, se diseñó un entramado metálico cuya función principal es mantener la forma del conjunto y contener la mezcla media de quincha. Se materializa con hierro nervado de diámetro 8. La misma consiste en dos mallas estructurales, sostenidas por separadores de 10 cm. Los hierros se colocan formando una malla cuadriculada de 20 cm a fin de poder garantizar la comodidad del operario. Sobre ella se coloca el relleno de tierra, tal y como se realiza la quincha de manera tradicional, mezclando arcilla con gran cantidad de fibra.
- **Terminación:** compuesta por un revoque grueso y fino de tierra y una impermeabilización. Anterior a ésta, se decide colocar en la cara exterior una malla plástica para contener la mezcla de quincha y evitar la formación de fisuras y grietas. La impermeabilización interior se realiza con agua de cal a fin de permitir la respiración del cerramiento, sin bloquear las propiedades higroscópicas de este material. En el caso de la impermeabilización exterior, se realizó una matriz de ponderación, comparando 6 impermeabilizaciones a través de la propuesta de parámetros considerados de relevancia. A cada uno de ellos se les asignó un valor porcentual, consultado con profesionales de la construcción y proveedores de los materiales, resultando el alumbre la que mayor porcentaje adquirió.

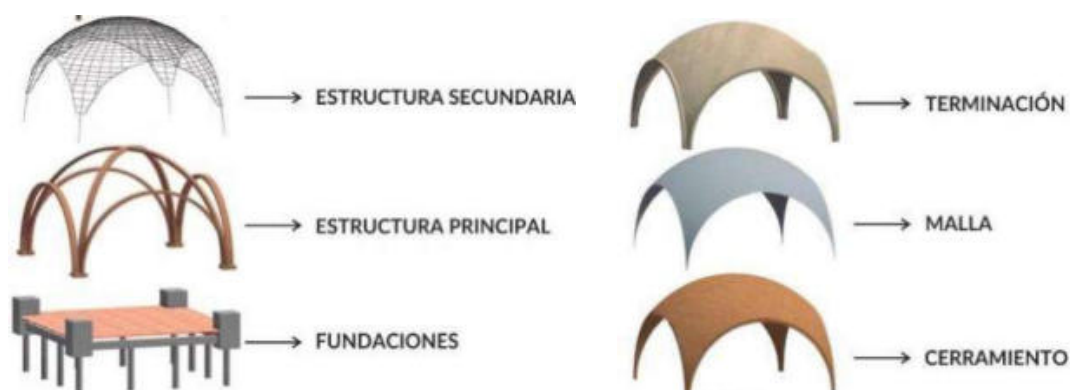


Imagen 6. Despiece constructivo.

## 7. CONCLUSIONES

Para finalizar se mencionarán las **conclusiones** a las que se han llegado:

- La configuración de un **módulo repetible** a partir del cual se generan sistemas mayores permitió obtener la **flexibilidad** requerida ante las necesidades identificadas.
- La tierra tiene una gran adaptabilidad para lograr diversas configuraciones formales, lo cual se evidencia en el equipamiento propuesto.
- La impermeabilización constituye un punto crítico ya que la misma se propone de manera experimental.

### 7.1. Corroboración de aspectos sostenibles

- **Aspecto ambiental:** presenta escaso impacto ambiental, dado que se utiliza tierra como material principal, y la misma es obtenida de la zona. Sólo su transporte hasta el terreno de implantación generaría efectos nocivos. Respecto a la construcción, no se utiliza maquinaria sofisticada que pueda generar daños ecológicos.
- **Aspecto sociocultural:** se demuestra a través de la técnica de fichaje que la construcción con tierra es parte de la cultura de la localidad, evidenciándose esto en la presencia de obras patrimoniales y la particular atención para su conservación. Además, existe mano de obra calificada que se dedica a construir con este material.
- **Aspecto socioeconómico:** se refleja en la elección de las técnicas de construcción con tierra, debido a que las mismas resultaron como las más recurrentes, lo que indica que existe mano de obra local que puedan ejecutarlas. Además, la construcción con tierra es una tecnología de interés social capaz de empoderar a quienes la emplean desde la autoconstrucción, se trata de una oportunidad que permite crear desarrollos regionales e inclusivos.

Queda demostrado que es totalmente factible desarrollar un partido arquitectónico valiéndose de las condicionantes de un sitio, promoviendo además el cuidado del medioambiente, el ahorro energético, la utilización de recursos humanos y materiales locales y la reducción del impacto ambiental.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTUZZI, María Laura. *Vivir en el paisaje, reflexiones sobre la problemática urbana de la costa*. Ediciones UNL. Santa Fe, Argentina. 2010.
- CARLI, César Luis. *8º al Sur del Trópico de Capricornio*. Editorial Klickowski. Argentina, 2007.
- CARLI, César Luis. *La arquitectura en la memoria*. Imprenta de La Universidad. Argentina, 1987.
- CARLI, César Luis. *Los misterios de la arquitectura II*. Centro de publicaciones, Secretaría de Extensión. Universidad Nacional Del Litoral. Santa Fe, Argentina, 2000.
- CETUL. (2017). Santa Fe. Descargado junio 16 de 2017 de <http://www.unl.edu.ar/santafe/index.php/home.html>
- CORREIA, Mariana. *Versus. Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*. Ediciones CRAterre / ESG / UNICA / UNIFI / UPV. 2014.
- CORTÉS ÁLVAREZ, Marcelo. *Sistema estructural de quincha metálica*. (s. f.). Descargado diciembre 10 de 2017 de <https://www.aiteco.com/matriz-de-priorizacion/>
- GONZALO, Guillermo. *Manual de arquitectura bioclimática*. Editorial Nobuko. 2004.
- INDEC. (2015). *Definiciones de la Base de datos*. Descargado mayo 3 de 2016 de <http://200.51.91.245/argbin/RpWebEngine.exe/PortalAction?BASE=CPV2010B>
- JOVÉ, Félix y ROCHA, Miguel. *Técnicas de construcción con tierra*. Editorial Argumentun. España 2015.

- LACOURLING, ONETTO Y RODRIGO. *Ecourbanismo como una herramienta concreta para el desarrollo de un turismo sustentable en un pequeño poblado San José del Rincón*. Tesis de grado, FADU, UNL. 2003.
- MUÑOZ, Francisc. *Urbanización. Paisajes comunes, lugares globales*. Editorial G. G. Bracelona, España. 2008.
- PARALELO 32. (2014). Maillén Weiss: "Hay que desmitificar que trabajar con tierra cruda es hacer 'un rancho'". Descargado mayo 26 de 2016 de <http://www.paralelo32.com.ar/secciones/detalle.php?id=16942>
- ROTONDARO, Rodolfo; PATRONE, Juan Carlos. (2009). *La construcción con tierra, una tecnología posible para el hábitat*. Descargado mayo 3 de 2016 de <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc76/inti6.php>
- SANTOS BILONI, José. *Árboles autóctonos argentinos*. Editorial Tipográfica Editora Argentina. Buenos Aires, Argentina, 1990.
- SERRALUNGA, José Ignacio. *Carta Medioambiental de la Comuna de San José del Rincón*. Santa Fe. 1996.
- TASSIN, Olivier. (s. f.) *La arquitectura de tierra: una herencia humana*. Descargado mayo 26 de 2016 de [Rincones del Atlántico](http://www.rinconesdelatlantico.com/num2/la_arquitectura_de_tierra.html).
- UNESCO. *Desarrollo Sostenible*. (s.f.). Descargado junio 18 de 2015, de <http://www.unesco.org/new/es/education/themes/leading-the-international-agenda/education-for-sustainable-development/sustainable-development/>

# SUSTAINABLE CONSTRUCTION: A DISCUSSION ON THE CURRENT SCENARIO AND THE CHALLENGES OF LIFE CYCLE ASSESSMENT

*Camila Cassola Assunção (camila.cassola.assuncao@gmail.com); Daniel Oliveira de Azevedo Sampaio (daniel.oliveira.oas@hotmail.com); Thássia Dias Zanardo Rufato (thata\_zanardo98@hotmail.com); Danilo Bordan Istuque (daniloistuque@gmail.com); Mauro Mitsuuchi Tashima (maumitta@gmail.com); Jorge Luis Akasaki (jorge.akasaki@gmail.com); José Luiz Pinheiro Melges (jlpmelges@hotmail.com); Felipe de Almeida Spósito (felipsposito@gmail.com)*

Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (UNESP-FEIS) - Brazil

**Palavras chave:** Avaliação do Ciclo de Vida; Sustentabilidade; Meio ambiente; Construção civil.

*A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem ganhando destaque como ferramenta de análise dos impactos ambientais de produtos e serviços, principalmente a partir de 1997, quando foi normatizada pela ISO (International Organization for Standardization). Esse método se destaca por analisar todos os processos envolvidos na produção, desde a extração da matéria-prima até o descarte final, possibilitando a preferência por materiais e processos mais sustentáveis do ponto de vista ambiental. A área de construção civil é responsável por expressivos impactos ao ambiente, causados pelos vários estágios do processo construtivo, fases operacionais e descarte. Com isso, é possível notar que seria de grande importância uma integração da ACV aos diversos processos da construção civil, a fim de colaborar para o desenvolvimento sustentável. A ACV também pode auxiliar pesquisas de desenvolvimento de novos materiais de construção, como compósitos com substituição de matérias-primas comuns por resíduos de processos industriais, já que a ACV é capaz de determinar se esses novos materiais realmente são menos prejudiciais ao meio ambiente. Nesse artigo reuniu informações importantes sobre o tema, servindo como uma base confiável para estudos futuros nessa área, entender os desafios e propor soluções para que a ACV seja cada vez mais empregada no setor da construção civil, propiciando um terreno fértil para avanços em sustentabilidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

O incentivo ao crescimento da construção civil é interessante para melhor desenvolver a infraestrutura de países, suprir déficits habitacionais e gerar empregos. Investir no setor é uma das alternativas para melhorar a economia. No entanto, o crescimento deve ser acompanhado de um desenvolvimento sustentável, preservando recursos naturais e evitando externalidades negativas.

Segundo Godoy e Saes, 2015:

*Externalidade negativa é uma falha de mercado referente à degradação dos recursos naturais, definida como o custo resultante de ações particulares sobre os demais, mesmo que estes últimos não tenham contribuído com os malefícios. As emissões de gases de efeito estufa são um exemplo de externalidade negativa, uma vez que provoca danos a terceiros, mesmo que não sejam responsáveis pelas emissões.*

O sistema de produção da construção civil é composto por diversas etapas, como a extração de calcário, fabricação e refinamento de materiais, transporte e execução da obra. No que diz respeito a um dos compósitos da construção civil, o concreto é o terceiro material mais utilizado no mundo, e a construção civil um dos setores socioeconômicos com maior impacto no meio ambiente (MARCELINO-SADABA et al., 2017). Ao analisar as emissões de gases do efeito estufa (GEEs) na construção civil, se faz necessário observar as atividades envolvidas em cada etapa do sistema. Neste panorama, destacam-se as emissões de dióxido de carbono pelo transporte de produtos e pela indústria cimenteira. Esta última colabora com cerca de 8% das emissões globais de gás carbônico, onde a cada 100kg de *clínquer* produzido são emitidos aproximadamente 51kg de CO<sub>2</sub> (JÚNIOR, 2014). A utilização de combustíveis fósseis e de fontes energéticas sujas também é responsável por consideráveis emissões de CO<sub>2</sub> neste processo de produção.

Sobre o processo quantitativo que os impactos ambientais pelos processos construtivos ocasionam ao meio ambiente, os mesmo podem ser avaliados com base em inventários que apresentam uma visão detalhada dos fluxos de entrada e saída de materiais, energia e de substâncias geradas e utilizadas dentro do sistema (SOARES, SOUZA E PEREIRA, 2005). Desta maneira, estabelecer as fronteiras do sistema de produção da construção possibilita visualizar o consumo de energia e materiais em cada etapa e conseqüentemente as emissões de GEEs. O planejamento estratégico da obra possibilita escolher as melhores alternativas para o empreendimento, reduzindo desperdícios, impactos ambientais e melhorando sua gestão, por conseguinte é necessário que a equipe técnica gerencie de maneira com que todo o sistema construtivo se incline para a sustentabilidade.

Desenvolvimento sustentável propriamente dito é aquele capaz de suprir as necessidades da sociedade atual sem comprometer as necessidades das gerações futuras (NAÇÕES UNIDAS, 1987). É interessante buscar alternativas para o modelo econômico atual, onde a matéria-prima extraída é transformada e em seguida descartada (AZEVEDO, 2015). A realização do estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) permite avaliar de forma sistemática os aspectos e impactos ambientais de sistemas de produtos, desde a aquisição da matéria prima até sua disposição final NBR 14040 (ABNT ISO, 2009). Desta maneira, mostra-se interessante integrar os estudos da ACV aos diversos processos da construção civil.

A humanidade realiza grande parte de suas atividades em ambientes construídos. Ingrao et al., (2018) sobre Sarwart et al. (2018), mostra que este ambiente criado pelo homem é caracterizado por infraestruturas como: rede elétrica, sistema de transporte, vias navegáveis, gestão de resíduos e serviços ao consumidor. O autor afirma que, devido ao grande consumo de matérias-primas e energia associado ao ciclo de vida de edifícios é possível enquadrar este setor na busca pela sustentabilidade, assim como a ACV é capaz de contribuir com a qualidade e eficiência energética dentro de níveis do sistema como: materiais, componentes, partes ou o todo do edifício.

Conforme a Norma NBR 14040 (ABNT ISO, 2009) o estudo de ACV é composto por quatro fases:

- a) a fase de definição de objetivo e escopo;
- b) a fase de análise de inventário;
- c) a fase de avaliação de impactos;
- d) a fase de interpretação.

Segundo o Manual ILCD, a ACV pode ser realizada em ciclos iterativos entre as fases de definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e realizando



verificações de integridade, sensibilidade e consistência até que seja obtida exatidão do sistema e alcançada a completude dos resultados do inventário. A Figura 1 mostra que a iteratividade faz parte da estrutura da ACV.

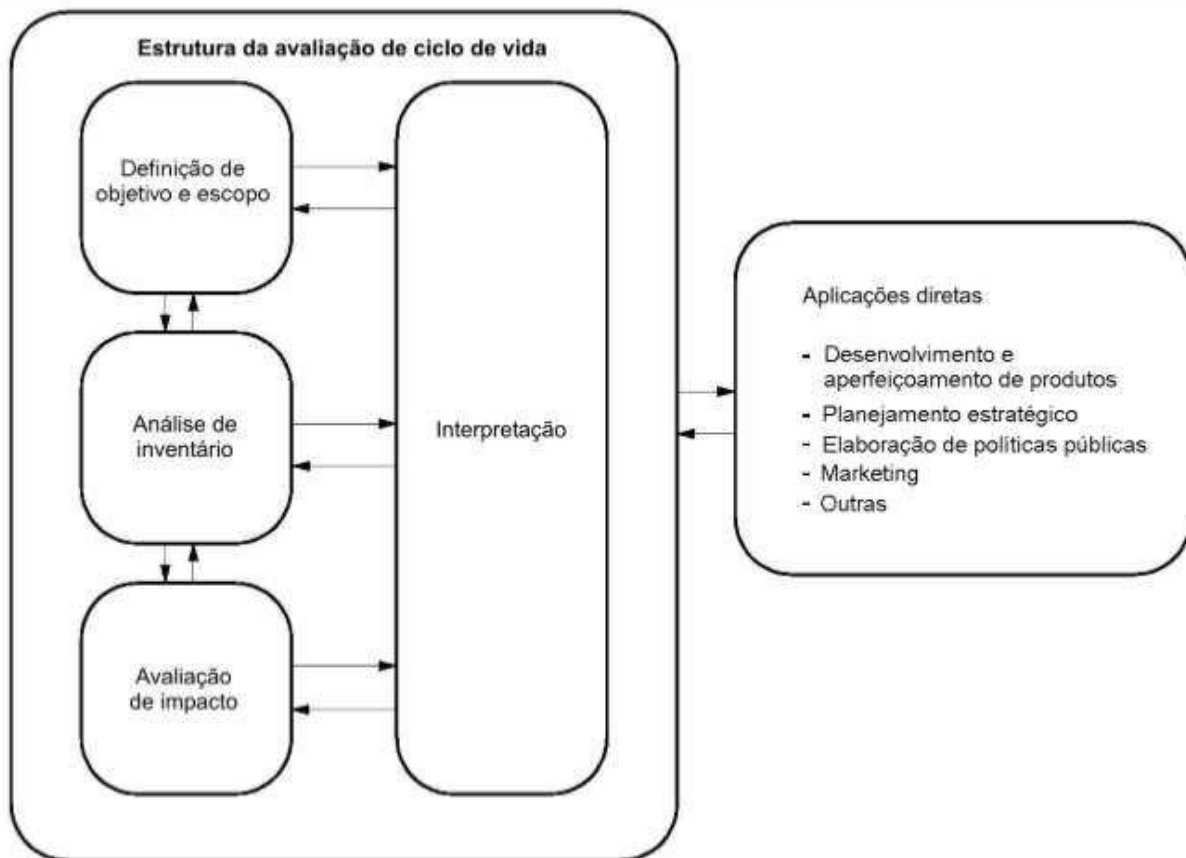


Figura 1: Fases de uma ACV, NBR 14040 (ABNT ISO, 2009)

Algumas dificuldades são encontradas durante a execução das fases da ACV, contribuindo para resultados incertos. Desta forma, todas as simplificações, considerações, critérios de cortes realizados no sistema devem ser deixados claros no corpo do estudo, para nortear a tomada de decisão e permitir assim uma transparência dos resultados.

Quando existe compartilhamento de processos entre sistemas de produtos, a Norma NBR 14044 (ABNT ISSO, 2009) recomenda que, sempre que possível, a alocação seja evitada. Para isso pode ser realizada a divisão dos processos elementares por meio da divisão do processo multifuncional em sub-processos unitários (SAADE, 2017) a serem alocados ou a expansão do sistema de produto.

A fase de avaliação de impactos da ACV consiste em agrupar os dados do inventário em categorias de impacto específicas e indicadores de categoria. A escolha de métodos bem como a avaliação dos impactos, pode acarretar em subjetividades na fase de avaliação do impacto de ciclo de vida (AICV) segundo a NBR 14040 (ABNT ISO, 2009). Bueno et al., (2015) estudaram cinco métodos de AICV para um estudo de caso de paredes não estruturais: EDIP 97/2003, CML 2001, Impact 2002+, ReCiPe 2008 e práticas recomendadas pelo International Reference Life Cycle Data System (ILCD), onde os dois últimos são recentes, buscando analisar a sensibilidade dos resultados da ACV com o uso destes diferentes métodos. Os resultados mostraram ser possível mascarar e manipular informação através da seleção de metodologias e fatores de caracterização convenientes para o estudo. Concluíram também que os fatores regionais e temporais influenciam na variabilidade dos resultados obtidos.

Dreyer, Niemann e Hauschild (2003) utilizaram um mesmo inventário para comparar os métodos de AICV em um estudo de caso com o produto de verniz UV a base de água: EDIP97 e CML2001, concluindo que possuem resultados comparáveis apenas para as categorias de impacto de aquecimento global, ozônio fotoquímico, eutrofização e acidificação e depleção da camada de ozônio estratosférica. Quando resultados diferentes podem ser obtidos com a escolha de diferentes métodos, os autores, sobre Hauschild e Pennington (2002), definem critérios de escolha como: validade científica do método, relevância ambiental de indicadores de categoria, reprodutibilidade e transparência, quantificação de incertezas de indicadores de categoria e possibilidade de se encontrar fator de caracterização para todas as substâncias mais importantes do inventário, acrescentando a importância da compatibilidade com experiência de uso de outras ferramentas de avaliação ambiental.

Segundo Mendes, Bueno e Ometto (2013), como ferramenta de tomada de decisões, as incertezas apresentadas nos resultados são uma importante parte da informação sobre a qualidade da ACV, no entanto, está apenas mencionada na norma NBR 14040 (ABNT ISO, 2009) como parte das fases de avaliação de impacto e de análise de inventário, não sendo fornecidas informações para sua mensuração.

Dong e Ng (2015) criaram um modelo de avaliação do ciclo de vida para avaliar impactos ambientais da construção civil em Hong Kong, conhecida como EMoC, sendo possível ser aplicado em diversas fases do ciclo de vida do projeto, permitindo que empreiteiros e desenvolvedores possam tomar decisões com base em soluções ecologicamente corretas. Este novo modelo fornece métodos de tratamento de resíduos como a reciclagem, reutilização e aterro, incluindo o transporte de materiais residuais para as estações de tratamento, podendo ser potencialmente usado na China, suprimindo assim, uma necessidade regional. Os autores ainda afirmam ser possível utilizar este modelo para outras regiões, no entanto seriam necessários desenvolvimentos adicionais.

Conforme o exposto é interessante que o meio científico contribua para o desenvolvimento sustentável dentro do setor da construção civil através de pesquisas sobre materiais e processos alternativos e criando meios para que as fases da ACV possam melhor se adequar às diferenças regionais, permitindo resultados mais confiáveis e próximos da realidade. Mendes, Bueno e Ometto (2013) ressaltam a importância de realizar uma comparação efetiva entre métodos AICV e verificar se os modelos e seus fatores de caracterização realmente representam os impactos ambientais em diferentes regiões do mundo.

Portanto, realizar estudos que contribuam para o desenvolvimento da ACV em setores específicos da construção civil também são interessantes para fortalecer sua aplicação, assim como Ingrao et al., (2018) contribuiu com um apanhado de informações teóricas como as principais categorias de impacto e categorias de dados de inventário que devem ser considerados em uma ACV em edifícios.

## **2. OBJETIVO**

Objetiva-se buscar em alguns dos principais periódicos científicos internacionais artigos que realizaram a Avaliação do Ciclo de Vida dentro do setor da construção civil, organizando-os por região de aplicação e trazendo os principais desafios e soluções encontrados pelos autores.

## **3. MÉTODOS**

O procedimento metodológico utilizado foi uma revisão bibliográfica em alguns dos principais periódicos científicos internacionais, utilizando a plataforma ScienceDirect. Para a

pesquisa de artigos, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Life Cycle Assessment, LCA e Civil Construction.

Para a comparação entre os métodos, considerações e limitações encontradas em cada estudo de ACV, as seguintes informações foram identificadas:

- Produto ou serviço avaliado;
- Local de origem: País de origem do produto avaliado;
- Ano de realização do estudo;
- Método de AICV utilizado;
- Limitações e desafios encontrados;
- Soluções propostas;

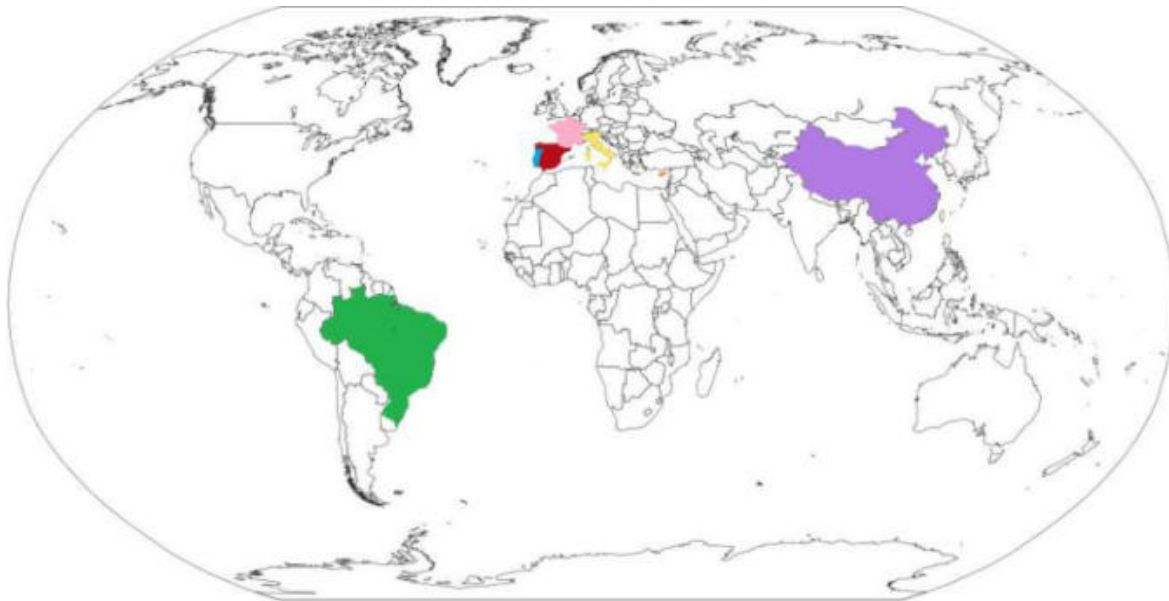
#### 4. RESULTADOS

Tendo em vista que as particularidades de diferentes regiões de estudo influenciam na escolha de métodos de AICV, o presente estudo proporcionou um levantamento das aplicações dos principais métodos de AICV em algumas regiões. A Tabela 1 sintetiza esses resultados.

A Tabela 1 apresenta informações sobre os artigos revisados.

Referência	Título do artigo	País de origem	Método de AICV
Rosato et al. (2017)	Life cycle assessment of natural and mixed recycled aggregate production in Brazil	Brasil (América do Sul)	Impact 2002+
Vitale et al. (2017)	Life cycle assessment of the end-of-life phase of a residential building	Itália (Europa)	Impact 2002+
Pons et al. (2018)	Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison	Espanha (Europa)	ReCiPe 2008
Evangelista et al. (2018)	Environmental performance analysis of residential buildings in Brazil using life cycle assessment (LCA)	Brasil (América do Sul)	Cumulative Energy Demand (CED) ILCD 2011
Christoforou et al. (2016)	Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of adobe bricks	Chipre (Europa)	CML (2001)
Borghi, Pantini e Rigamonti (2018)	Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy)	Itália (Europa)	ILCD 2011 CED
Kurda, Silvestre e Brito (2018)	Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash	Portugal (Europa)	CML
Santos et al. (2018)	Life cycle assessment of low temperature asphalt mixtures for road pavement surfaces: A comparative analysis	França (Europa)	CML 2001
Ding, Xiao e Tam (2016)	A closed-loop life cycle assessment of recycled aggregate concrete utilization in China	China	Global Warming Potential (GWP) CED Consumption of Primary Mineral Resources (CMR)

A Figura 2 mostra uma representação da localização no mundo de cada artigo apresentado neste trabalho.



- Legenda:
- Rosato et al. (2018) e Evangelista et al.(2018)
  - Santos et al.(2018);
  - Kurda, Silvestre e Brito (2018);
  - Ding, Xiao e Tam(2016);
  - Christoforou et al.(2016);
  - Pons et al. (2018);
  - Borghi, Pantini e Rigamonti (2018) e Vitale et al.(2017)

Figura 2: Região de cada referência pesquisada

Esse estudo possibilitou o levantamento em função do produto ou serviço, limitações, desafios e soluções de cada um dos principais artigos estudados. A seguir, na Tabela 2 estão descritas as limitações, soluções e resultados obtido pelos autores.

Referência	Produto ou serviço avaliado	Limitações e desafios encontrados	Soluções propostas
Rosato et al. (2017)	Agregados naturais e agregados reciclados mistos	Utilização de dados genéricos para o inventário; Não confiabilidade de alguns dados.	Utilização sempre que possível de dados brasileiros; Cortes nas fronteiras do sistema para maior confiabilidade de dados.
Vitale et al. (2017)	Fim de vida de um edifício residencial	Alocação ligada à utilização dos materiais de demolição. Importância da reciclagem do aço para os impactos ambientais e possível sensibilidade de dados.	Metodologia de expansão do sistema para evitar alocação; Verificação da sensibilidade dos resultados obtidos para os impactos relacionados ao aço ao se variar o cenário da metodologia de expansão do sistema. Comparação dos efeitos da quantidade de resíduos tratada no desempenho ambiental. Recomendação de técnicas adequadas de demolição seletiva, aumentando a qualidade e quantidade de resíduos enviados para tratamento.
Pons et al. (2018)	Paredes de retenção de terra	Incerteza relacionada com a utilização de um banco genérico de dados, com imprecisão relacionada com a localização geográfica, tecnologia utilizada e fator temporal de coleta de dados; Incertezas geradas pela combinação de indicadores ambientais pelo método de LCIA ReCiPe 2008; Dificuldade em interpretar categorias de impacto de midpoint;	Uso da matriz pedigree para definir a incerteza total ao utilizar certos dados; Utilização apenas do banco de dados Ecoinvent para precisão de resultados; Normalização das categorias de danos utilizando o conjunto de normalização Europa ReCiPe H / H (pessoa/ano) para fornecer uma visão global do impacto ambiental total causado; Análise de incerteza probabilística utilizando simulações de Monte Carlo; Abordagem endpoint para obter resultados globais e mais fáceis de comparar; Recomendação de triturar o concreto na fase final de vida das paredes de retenção para permitir sua carbonatação reduzindo impactos ambientais.
Evangelista et al. (2018)	Habitações típicas brasileiras	Barreiras devido à ausência de estrutura metodológica, critérios, parâmetros e aplicações práticas da ACV no Brasil.	Abordagem metodológica do cone invertido. Utilização do banco de dados do Ecoinvent v3.01 e coleta de dados brasileiros como o consumo de água e energia durante etapas do ciclo de vida de cada edifício; Recomendação de utilização de múltiplas perspectivas de análise de resultados.
Christoforou et al. (2016)	Tijolos de adobe	Falta de estudos sobre o impacto ambiental da produção de adobe;	Utilização do software GaBi que permite utilização de ampla quantidade de modelos de ACIV; Desconsideração da produção de resíduos no sistema; Dados obtidos de produtores locais de adobe e da literatura; Utilização de diferentes cenários de produção para conseguir avaliar a influência do transporte no desempenho ambiental dos tijolos de adobe.



Referência	Produto ou serviço avaliado	Limitações e desafios encontrados	Soluções propostas
Borghi, Pantini e Rigamonti (2018)	Gestão não perigosa de resíduos de construção e demolição	Dados de fluxo de Resíduos de construção e demolição (RCD) para cada tipo analisados não estavam disponíveis a nível regional; Multifuncionalidade; Falta de dados primários; A gestão de RCD contribui para minimizar a extração de recursos naturais, no entanto, este processo é responsável por impactos ambientais ligados a emissões de dióxido de carbono equivalente.	Conjunto de dados específicos para o contexto regional; Utilização de dados do Ecoinvent 3.3 e literatura para completar o inventário. Fluxos de RCD estimados; Expansão dos limites do sistema para incluir produções primária e resolver o caso de multifuncionalidade; Exclusão de categorias de impacto como o impacto do uso da terra e impacto das radiações ionizantes. Alteração de cenários como análise de sensibilidade mostrou espaço para melhorias; Recomenda-se controle de qualidade de RCD. Recomenda-se utilização de dados locais para estudos semelhantes em contextos geográficos diferentes.
Kurda, Silvestre e Brito (2018)	Concreto com alto volume de agregados reciclados de concreto e cinzas volantes	Falta de estudos detalhados sobre o impacto ambiental das matérias primas utilizados; Falta de algumas informações fornecidas por empresas;	Algumas categorias de impacto ambiental não foram consideradas por não serem significativas para atividades da construção; Recolhimento de dados de empresas de Portugal; Utilização de banco de dados genéricos para completeza dos dados; Utilização do método NativeLCA para selecionar conjuntos de dados genéricos mais apropriados para a aplicação.
Santos et al. (2018)	Mistura asfáltica de baixa temperatura	Inexistência de alguns dados de inventário de ciclo de vida (ICV) na literatura; Falta de informações na literatura sobre algumas fases da construção;	Busca por utilização de dados mais atuais possíveis e serem geográficos e tecnologicamente representativos; Utilização do banco de dados do Ecoinvent 3.2 e relatórios disponíveis publicamente; Simplificações quanto a alguns impactos ambientais de fases de produção com falta de informações na literatura; Análise de cenários para verificação da sensibilidade de dados e busca pelas melhores alternativas.
Ding, Xiao e Tam (2016)	Ciclo fechado do agregado reciclado	A análise comparativa entre estruturas de concreto com agregado reciclado e concreto com agregado natural é limitada a condições ambientais não agressivas;	Aplicação da teoria do berço ao berço; Simplificações considerando que os impactos de concreto com agregado reciclado e concreto com agregado natural possuam os mesmos impactos ambientais na fase de construção, serviço e demolição; Simplificação com relação à função de ambos concretos; Comparação de cenários de acordo com a produção dos agregados; Dados extraídos através de entrevistas com operadoras e fabricantes locais e do banco de dados chinês; Consideração dos impactos relacionada ao descarte em aterros.

## 5. DISCUSSÃO

As adaptações realizadas por cada autor de acordo com a características de seus trabalhos formam soluções para diminuir incertezas. Mendes, Bueno e Ometto (2013) confirmam a possibilidade de desenvolvimento de modelos de ACV direcionados a particularidades de diferentes regiões de estudo através de métodos de AICV que abordem categorias específicas de impacto ambiental.

Por não existirem bancos de dados completos para cada área da construção civil pesquisada, bem como para contexto regional específicos, são necessárias soluções como a coleta de dados em instituições e empresas locais e utilização de bancos de dados genéricos disponíveis em softwares específicos para ACV. Como o mostrado na revisão bibliográfica do presente artigo, a completeza dos dados referentes ao inventário do ciclo de vida foi buscada através da utilização de diversas fontes de dados.

Os trabalhos realizados em ambiente europeu se preocuparam em tornar os dados o mais reais possível para as regiões avaliadas através de pesquisas locais, adicionalmente as de fontes de dados já disponíveis a esta região.

A variação do cenário de aplicação da ACV foi realizada através da identificação de processos ou fluxo de produtos cuja variação das características produziam resultados diferentes para o meio ambiente. Ao realizar modificações e realizar procedimentos sistemáticos, verifica-se nessas publicações que conseguiu-se estimar os efeitos das escolhas feitas durante as fases da ACV. Desta maneira, é possível verificar o melhor cenário para que um novo material ou processo produtivo contribua para a diminuição de impactos ambientais.

Alguns pesquisadores ainda encontraram dificuldade com relação a falta de pesquisas dentro da área da construção civil analisada, dificultando assim a definição do escopo e escolhas como critério de corte para a realização da ACV.

## 6. CONCLUSÃO

Conclui-se ser necessário continuar o investimento em pesquisas focadas na realização da ACV dentro da construção civil, visto que o setor abrange diversas áreas com características particulares a cada uma delas. A busca por adaptações de modelos para as diferentes realidades encontradas por cada estudo de ACV contribui para auxiliar o desenvolvimento de pesquisas futuras.

Esta pesquisa buscou identificar alguns dos desafios e apontar algumas soluções propostas em trabalhos científicos mais recentes, mostrando como o conteúdo das ACVs varia bastante conforme sua região de aplicação e a área de interesse.

A ACV pode ser identificada como uma boa ferramenta para a avaliação da real contribuição de produtos alternativos para o desenvolvimento sustentável dentro da construção civil.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2009). *NBR ISO14040 Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Brasil: ABNT. 21 pg.
- Azevedo, J. L.; (2015). *A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a logística reversa*. In: *Congresso Nacional de Excelencia em Gestão, 6*, Rio de Janeiro.
- Borghi, G.; Pantini, S.; & Rigamonti, L. (2018). *Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy)*. *Journal of Cleaner Production*, 184, 815–825. doi:10.1016/j.jclepro.2018.02.287

- Bueno, C.; Hauschild, M. Z.; Rossignolo, J. A.; Ometto, A. R.; & Mendes, N. C. (2016). Sensitivity analysis of the use of Life Cycle Impact Assessment methods: a case study on building materials. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2208–2220. doi:10.1016/j.jclepro.2015.10.006
- Christoforou, E.; Kylili, A.; Fokaides, P. A.; & Ioannou, I. (2016). Cradle to site Life Cycle Assessment (LCA) of adobe bricks. *Journal of Cleaner Production*, 112, 443–452. doi:10.1016/j.jclepro.2015.09.016
- Ding, T.; Xiao, J.; & Tam, V. W. Y. (2016). A closed-loop life cycle assessment of recycled aggregate concrete utilization in China. *Waste Management*, 56, 367–375. doi:10.1016/j.wasman.2016.05.031
- Dong, Y. H., & Ng, S. T. (2015). A life cycle assessment model for evaluating the environmental impacts of building construction in Hong Kong. *Building and Environment*, 89, 183–191. doi:10.1016/j.buildenv.2015.02.020
- Dreyer, L. C.; Niemann, A. L.; & Hauschild, M. Z. (2003). Comparison of Three Different LCIA Methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(4), 191–200. doi:10.1007/bf02978471
- European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability (2010) *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Evangelista, P. P. A.; Kiperstok, A.; Torres, E. A.; & Gonçalves, J. P. (2018). Environmental performance analysis of residential buildings in Brazil using life cycle assessment (LCA). *Construction and Building Materials*, 169, 748–761. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.02.045
- Godoy, S. G. M.; Saes, M. S. M. Cap-and-Trade e projetos de redução de emissões: comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, p.141-160, jan. 2015.
- Ingrao, C.; Messineo, A.; Beltramo, R.; Yigitcanlar, T.; & Ioppolo, G. (2018). How can life cycle thinking support sustainability of buildings? Investigating life cycle assessment applications for energy efficiency and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, 201, 556–569. doi:10.1016/j.jclepro.2018.08.080
- Junior, A. N. (2014). *Captura de CO2 em materiais cimentícios através de carbonatação acelerada*. Tese (Doutorado em engenharia civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro(UFRJ). Rio de Janeiro, Brasil.
- Kurda, R.; Silvestre, J. D.; & de Brito, J. (2018). Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash. *Resources, Conservation and Recycling*, 139, 407–417. doi:10.1016/j.resconrec.2018.07.004
- Marcelino-Sadaba, S.; Kinuthia, J.; Oti, J.; & Seco Meneses, A. (2017). Challenges in Life Cycle Assessment (LCA) of stabilised clay-based construction materials. *Applied Clay Science*, 144, 121–130. doi:10.1016/j.clay.2017.05.012
- Mendes, N. C.; Bueno, C.; & Ometto, A. R. (2015). Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. *Production*, 26(1), 160–175. doi:10.1590/0103-6513.153213
- Nações Unidas (1987), *Relatório da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento*, 42/187.
- Pons, J. J.; Penadés-Plà, V.; Yepes, V.; & Martí, J. V. (2018). Life cycle assessment of earth-retaining walls: An environmental comparison. *Journal of Cleaner Production*, 192, 411–420. doi:10.1016/j.jclepro.2018.04.268
- Rosado, L. P.; Vitale, P.; Penteado, C. S. G.; & Arena, U. (2017). Life cycle assessment of natural and mixed recycled aggregate production in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 151, 634–642. doi:10.1016/j.jclepro.2017.03.068

- Santos, J.; Bressi, S.; Cerezo, V.; Lo Presti, D.; & Dauvergne, M. (2018). *Life cycle assessment of low temperature asphalt mixtures for road pavement surfaces: A comparative analysis*. *Resources, Conservation and Recycling*, 138, 283–297. doi:10.1016/j.resconrec.2018.07.012
- Saade, M. R. M.; (2017) *Modelagem de multifuncionalidade aplicada a ACV de cimentos e concretos*. Tese (Doutorado em engenharia civil). Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Campinas, Brasil.
- Soares, S. R.; Souza, D. M.; Pereira, S.W. (2006). *A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil*. In: *Coletânea Habitare: Construção e Meio Ambiente*. p. 97-127.
- Vitale, P.; Arena, N.; Di Gregorio, F.; & Arena, U. (2017). *Life cycle assessment of the end-of-life phase of a residential building*. *Waste Management*, 60, 311–321. doi:10.1016/j.wasman.2016.10.002

## 8. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICOS EN LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

*Fernando Carlos Raffo (fcraffo@gmail.com); Nicolás Ballester (nicolasballester97@gmail.com); Gisela Sinigaglia (giselaasinigaglia@gmail.com)*

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay (UTN-FRCU)  
- Arg.

**Palabras clave:** generación, energía, fotovoltaico, eficiencia

*El presente trabajo consistió en la evaluación de dos equipos de generación fotovoltaica, distante unos 40 km de distancia; uno instalado en una vivienda rural en Colonia Hugues, departamento Colón, y el otro, en una escuela rural en Colonia Los Ceibos, departamento Uruguay, ambos en la provincia de Entre Ríos.*

*Los equipos son de similares características en cuanto a la potencia instalada, diseño, modo de conexión a la red y se encuentran generando energía en el caso de la vivienda, desde octubre de 2017 y en la escuela desde mayo de 2018. Los datos se obtuvieron a través de un servidor en donde son archivados en planillas de cálculo por los inversores.*

*Dentro de los objetivos planteados se realizó una comparación de la energía eléctrica generada por los dos equipos, habiéndose constatado una diferencia significativa en el periodo junio - octubre de 2018, por lo que se realizó un relevamiento de las instalaciones, en cuanto a su orientación, ángulo con respecto a la horizontal y sistemas de montajes, luego de lo cual se seleccionó un software de energías renovables que fue validado a través de un test estadístico con el cual se verificó la eficiencia de los equipos, luego se modelaron diferentes situaciones para identificar las variables más significativas en cuanto a la eficiencia de generación y proponer las mejoras correspondientes.*

*Se plantearon diferentes hipótesis en cuanto al ángulo de inclinación y la búsqueda del más adecuado para la zona de implantación de los sistemas, habiendo llegado a determinar que este último no es significativo para proyectos de baja potencia instalada, siendo la calidad de los paneles fotovoltaicos seleccionados un aspecto a tener en cuenta a la hora de diseñar una instalación de este tipo*

*Por último se observa la necesidad de seguir realizando mediciones y su posterior análisis para ir disminuyendo los errores entre los modelos teóricos y los datos reales.*

## 1. INTRODUCCIÓN

1. El presente trabajo fue realizado por integrantes del grupo de energías renovables y adaptación al cambio climático (GELACC) de la Facultad Regional de Concepción del Uruguay (FRCU) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de la provincia de Entre Ríos (1).
2. Se analizaron los datos generados por dos sistemas de generación fotovoltaicos de baja potencia instalados en una vivienda rural en colonia Hugues en el departamento Colón y en una escuela rural en colonia los ceibos en el departamento Uruguay, distantes unos 40 km entre ambos. Ambos sistemas funcionan en paralelos con la red, tienen potencias instaladas similares y poseen el mismo inversor, diferenciándose en las características físicas de la instalación en cuanto al grado de inclinación de los paneles, en el azimut con respecto al norte y en la marca, potencia y número de paneles. Los datos de generación de los equipos son subidos por el inversor a una página web (2), en donde se los puede visualizar a tiempo real y descargar en planillas de cálculo.



3. Para la selección del software y modelación, tres integrantes del GELACC se capacitaron en mayo del corriente año en la Facultad Regional de Rosario (FRRo) de la UTN, en un curso de diseño y dimensionamiento de proyectos solares fotovoltaicos, avalado por el observatorio de energía y sustentabilidad de dicha casa de estudios.



Figura 1. Ubicación geográfica de los equipos

## 2. OBJETIVOS

1. Comparar la energía eléctrica generada por dos equipos fotovoltaicos situados a 40 km de distancia.
2. Seleccionar un software de energías renovables y validar la información generada con datos reales.
3. Realizar distintas modelaciones para definir los parámetros que permitan mejorar la eficiencia de los equipos.

## 3. METODOLOGIA

### 3.1 Selección del software

EL software seleccionado fue el RetScreen que es un paquete de programas desarrollado por el gobierno de Canadá para el análisis de viabilidad de proyectos de eficiencia energética, energía renovable y cogeneración, así como un análisis continuo del rendimiento energético. Permite a los profesionales y tomadores de decisiones identificar, evaluar y optimizar rápidamente la viabilidad técnica y financiera de posibles proyectos de energía limpia. Esta plataforma también permite a los administradores medir y verificar fácilmente el rendimiento real de sus instalaciones y ayuda a encontrar oportunidades adicionales de ahorro de energía / producción.

Dentro del programa primero se determina la ubicación del proyecto, y de esta forma el programa tomara los datos meteorológicos más cercanos, para el caso de Hughes toma la estación meteorológica de Young, Uruguay.

Para este caso, al tener datos meteorológicos de todo el año, se reemplazaron esos datos históricos por los propios tomados de la estación experimental agropecuaria concepción del Uruguay del Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (EEA concepción del Uruguay INTA). Los datos se utilizaron para los dos equipos, ya que la estación se encuentra equidistante a ambos (3).

Con respecto a los datos de radiación se eligieron los generados por la administración nacional de la aeronáutica y del espacio (NASA) (4).

Una vez seleccionado los datos, se define la instalación energética y se determina el tamaño, el tipo de inversor, los paneles, el ángulo, y las pérdidas. Una vez definidos estos parámetros, se calculan las generaciones mensuales y anuales de la instalación.

Como es un software canadiense, el ángulo de inclinación y azimut tienen distintos signos, ya que están adecuados para el hemisferio norte y hay que realizar las modificaciones correspondientes.

Para las pérdidas totales se tomó un valor del 12 % que abarca las pérdidas intrínsecas de los paneles fotovoltaicos y las del balance del sistema.

El rendimiento del Inversor fue seleccionado de acuerdo a los datos suministrados por el fabricante seleccionándose un valor del 96%.

Para la selección de paneles fotovoltaicos el software cuenta con una amplia gama de equipos con datos de superficie, y rendimiento. En el caso de los paneles de la escuela 23 los paneles colocados figuraban en la base de datos, mientras que con los de colonia Hugues, se tuvo que buscar unos similares con la misma eficiencia y superficie, porque no se encontraban en la base de datos. Se optó por unos de la marca Silfab.

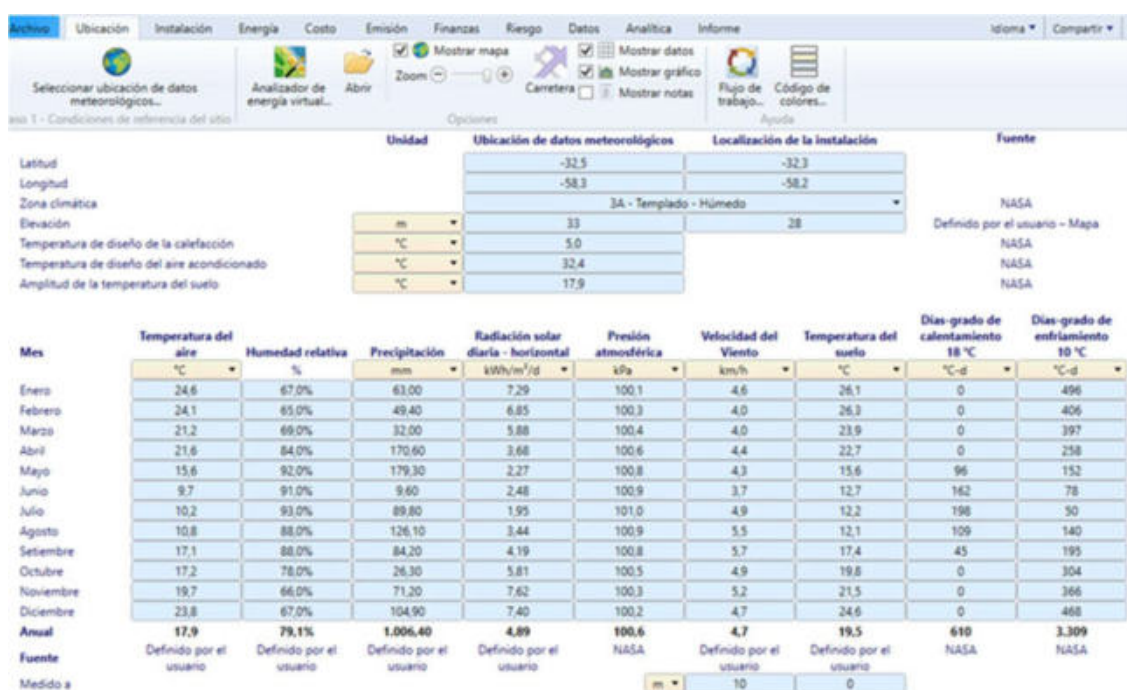


Figura 2. Vista de la carga de los datos meteorológico en el software

### 3.2 Validación de la información generada

Para poder inferir valores a partir de la comparación de los valores teóricos, dados por el software y los reales suministrado por el inversor, se debe tener la certeza que el programa y los valores a estimar, se comportan de forma idéntica o parecida con un error mínimo. Por esta razón se utilizó el Test estadístico de Mann-Whitney (5) para validar estos valores.

Entre los supuestos del test de Mann-Whitney se encuentran:

La variable de interés es continua.

Si las poblaciones son diferentes, varían solamente en lo que respecta a sus medidas de tendencia central (medias o medianas)

La hipótesis nula del contraste es que las dos muestras, de tamaño  $n_1$  y  $n_2$ , respectivamente, proceden de poblaciones continuas idénticas:

La hipótesis alternativa puede ser unilateral o bilateral y únicamente supone que la tendencia central de una población difiere de la otra. Por esta razón esta prueba es el equivalente no paramétrico de la prueba t para la diferencia de dos medias cuando las muestras son independientes, pero no puede suponerse la normalidad de las poblaciones de origen.

En síntesis se plantea la hipótesis de que las dos muestras provienen de poblaciones idénticas por lo que las variables en estudio se comportan de la misma manera no existiendo diferencia entre ellas y que sus esperanzas serán iguales.

De esta manera se podrá llevar a cabo la optimización de las instalaciones y la comparación de la una con la otra, con los modelos teóricos. Pudiendo también inferir los valores con las desviaciones porcentuales entre teórico y reales con un error menor al 5%.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Características de los equipos

Ambos equipos son de semejantes características en cuanto a la potencia instalada, modo de conexión, orientación, etc., difiriendo en algunos aspectos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Características generales de los equipos

	Colonia Hugues	Escuela N° 23
Ubicación	32° 17' 39.49" S 58° 14' 16.95" O	32° 37' 06.32" S 58° 25' 17.24" O
Inclinación	40°	22°
Azimut	17° NNO	11° NNE
Colocación	Sobre cubierta con base	Sobre cubierta sin base
Comienzo de operación	25-10-2018	1-6-2018
Modo de conexión	En paralelo red existente	En paralelo red existente
Potencia instalada	1380 vatios (w)	1350 vatios (w)
Inversor	Marca Goodwe de 1500 w	Marca Goodwe de 1500 w
Paneles	6 paneles de 230 w HB-TECH	5 paneles de 270 w JINKO
Dimensiones	1.64 m x 0.99 m, policristalinos	1.65 m x 0.99 m, policristalinos
Superficie de captación	9.75 m <sup>2</sup>	8.16 m <sup>2</sup>
Eficiencia	14 %	16 %
Foto		

### 4.2 Comparación de la generación de energía.

Para realizar la comparación de la energía generada por los dos equipos se tomaron como base los datos registrados por ambos inversores durante los meses de junio a octubre de

2018, si bien el equipo instalado en colonia Hugues cuenta con una base de datos más extensa (de noviembre de 2017 a octubre de 2018), no son aplicables para esta comparación pero si para el estudio.

Como se observa en la figura 3 existe una diferencia porcentual significativa entre la energía generada por el equipo instalado en la vivienda en colonia Hugues y el instalado en la escuela 23, siendo la desviación absoluta promedio mensual del 29.18 % Si bien esta diferencia se puede aducir al ángulo de inclinación de los equipos (6), ya que el de colonia Hugues es más favorable para absorber la radiación solar durante los meses de invierno, mientras que el de la escuela 23 lo es para los meses de verano y todavía no se cuenta con esos datos para validar esta hipótesis.

También es posible que la diferencia de superficie de captación entre ambos proyectos sea una determinante y que la eficiencia de los paneles declarada por los fabricantes no se ajuste a su funcionamiento real y que existan mayores pérdidas varias, ya sea en la instalación, balance del sistema o pérdidas intrínsecas de los paneles.

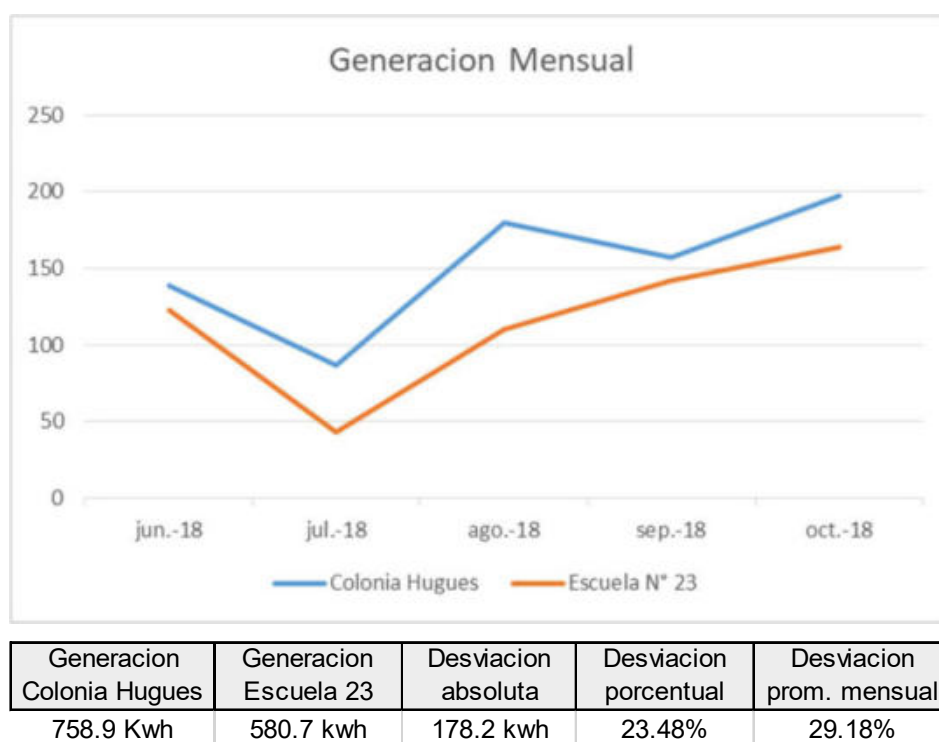


Figura 3. Comparación de la generación mensual de los dos sistemas

Se calcularon la eficiencia de los paneles tomando los datos diarios de radiación de la NASA, multiplicándolos por la superficie de los equipos y comparándolos con la potencia diaria generada. Con estos datos se calcularon los promedios diarios y mensuales.

La eficiencia promedio durante los meses de junio a octubre del equipo de colonia Hugues fue del 14.89 %, mientras que la anual desde noviembre de 2017 a octubre de 2018 fue del 12.7 %. Estos valores son coincidentes con los declarados por el fabricante que señala una eficiencia mayor al 14.1 % con baja radiación.

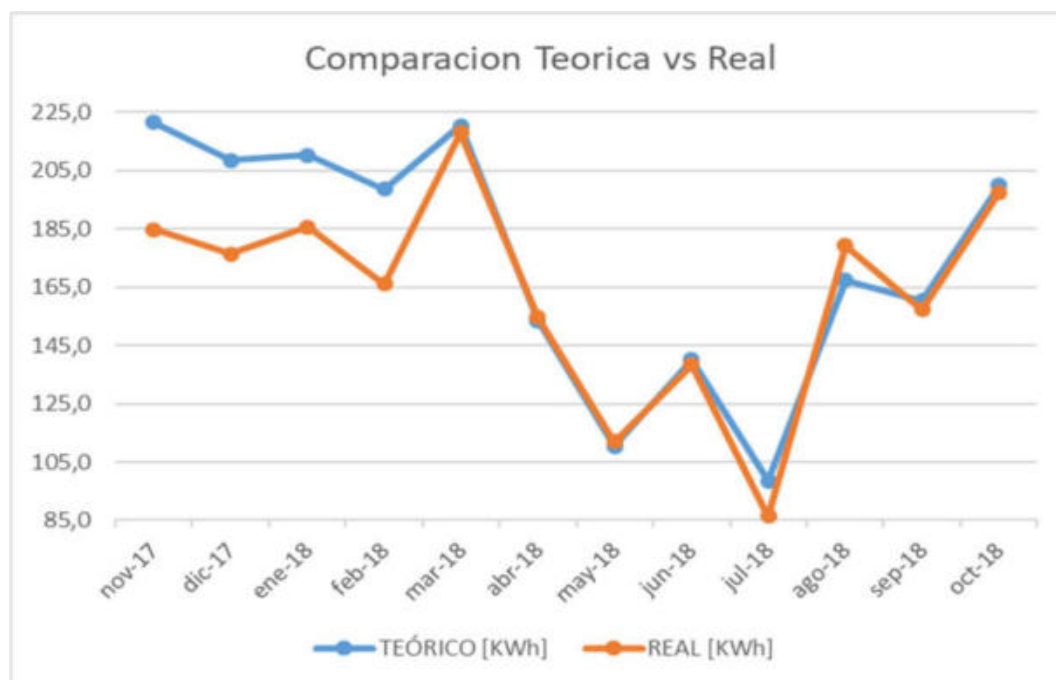
La eficiencia promedio durante los meses de junio a octubre del equipo de la escuela 23 fue del 10.25 % que es un valor muy inferior por el declarado por el fabricante del orden del 16.5 %.

#### 4.2 Ajuste del software a las condiciones reales de generación.

Se modeló el equipo de colonia Hugues que es el que cuenta con una serie anual de datos que permite atenuar las desviaciones, para ello se cargaron los datos meteorológicos de la



EEA Concepción del Uruguay INTA, de radiación de la NASA y los ángulos de inclinación, azimut y de contexto del equipo, que para el caso son  $40^\circ$  y  $17^\circ$  respectivamente.



Generación real	Generación teórica	Desviación absoluta	Desviación porcentual anual	Desviación promedio porcentual mensual
1956.5 kwh	2090 kwh	133.53 kwh	6.39 %	7.29 %

**Figura 4.** Comparación de la generación teórica versus la real

Se puede observar que, en la generación anual, hay una desviación porcentual del 6,4% lo que es aceptable para realizar las modelaciones para diferentes situaciones.

### 4.3 Modelaciones.

#### 4.3.1 Determinación del ángulo de inclinación más eficiente

Para obtener los ángulos óptimos para el periodo de noviembre 2017- octubre 2018 para la instalación de colonia Hugues, se realizó la comparación de esa generación anual teórica con distintos ángulos de inclinación, puesto que como se mencionó anteriormente, según el test de Mann-Whitney los datos a distintas inclinaciones se comportarán de la misma forma. De esta manera, la desviación porcentual que habrá entre los datos teóricos será aproximadamente la misma que en la realidad.

En primer lugar, se llevó el azimut a cero grados, ya que de esta manera se maximiza la generación anual. Y luego se fueron variando los ángulos de inclinación desde  $20^\circ$  a  $50^\circ$  para encontrar el ángulo en el que se genere mayor energía.

Según se observa en la tabla 2 a  $28^\circ$  se encuentra la mayor generación anual, sin embargo, a  $22^\circ$  la mayor captación de radiación solar. Esto se debe a que en los meses de mayor radiación (Diciembre, Enero, Febrero), la temperatura disminuye la eficiencia de los paneles.

No obstante, en general, para la zona de estudio, el ángulo óptimo de mayor captación de radiación anual y generación, ronda entre los  $28^\circ$  y  $35^\circ$ , que es congruente a lo expresado en la bibliografía (6) que es  $\pm 10^\circ$  de la latitud. Para este caso se ubicaría entre  $22^\circ$  a  $42^\circ$ .

**Tabla 2.** Determinación del ángulo más eficiente



Ángulo inclinación AZIMUT 0°	Radiación Anual [kWh/m <sup>2</sup> /d]	Generación Anual [kWh]
20	5.171	2111.57
<b>22</b>	<b>5.176</b>	<b>2118.18</b>
24	5.175	2123.09
<b>26</b>	5.170	2126.28
<b>28</b>	<b>5.160</b>	<b>2127.74</b>
30	5.146	2127.47
32	5.127	2125.44
34	5.103	2121.67
36	5.075	2116.13
38	5.043	2108.83
40	5.005	2099.76
42	4.964	2088.92
44	4.918	2076.31
46	4.867	2061.93
48	4.813	2045.79
50	4.754	2028.02
<b>40°, AZ. 17° O</b>	<b>4.984</b>	<b>2090.30</b>

Si se hubiera optado por 22° o 28°, el aumento de la generación anual hubiera sido de 1,33% o 1,77% respectivamente.

#### 4.3.2 Determinación de la energía generada con ángulos variables

Se realizó una modelación con un sistema de ángulos variables en el cual, el ángulo en invierno sea más inclinado que en el verano.

Los ángulos de mayor captación para el período anteriormente nombrado son:

- Verano: 20°
- Invierno: 50°

Por lo tanto, teniendo la posibilidad de variar el ángulo dos veces al año, el incremento de la generación anual es del 5,2%, tomando el azimut en 0°.

Para el caso de instalaciones domiciliarias con pocos paneles, esto se puede materializar de manera sencilla con un sistema de biela en los perfiles de fijación de hierro galvanizado.

Tabla 3. Comparación de generación con ángulos variables y fijos

ÁNGULO	MES	TEÓRICO CON 2 ÁNG. Y AZ. 0° [KWh]	TEORICO FIJO 40° Y AZ. 17°O [KWh]	DESVIACIÓN [KWh]	DESVIACIÓN ABSOLUTA	DESVIACIÓN PORCENTUAL	PORCENTAJE ABSOLUTO
20°	nov-17	243.07	221.51	-21.56	21.5584	-8.869%	8.87%
	dic-17	234.21	208.64	-25.5679	25.5679	-10.917%	10.92%
	ene-18	233.24	210.42	-22.8237	22.8237	-9.786%	9.79%
	feb-18	209.92	198.57	-11.3472	11.3472	-5.405%	5.41%
	mar-18	218.85	220.39	1.5405	1.5405	0.704%	0.70%
50°	abr-18	156.15	153.51	-2.6414	2.6414	-1.692%	1.69%
	may-18	114.68	110.36	-4.3227	4.3227	-3.769%	3.77%
	jun-18	150.27	140.20	-10.0659	10.0659	-6.699%	6.70%
	jul-18	102.70	98.50	-4.1981	4.1981	-4.088%	4.09%
	ago-18	173.32	167.37	-5.9475	5.9475	-3.432%	3.43%
	sep-18	158.98	160.45	1.4749	1.4749	0.928%	0.93%
20°	oct-18	208.33	200.09	-8.2364	8.2364	-3.954%	3.95%
	ANUAL	2,203.7	2,090.03	-113.69	113.69	-5.159%	5.159%

#### 4.3.3 Determinación de la influencia del ángulo de inclinación en la generación

Para comprobar si la influencia del ángulo de inclinación es significativo en la generación de energía se realizó el siguiente análisis comparando las instalaciones de colonia Hugues y la escuela 23.

Mediante la comparación entre los modelos teóricos y los datos reales, se obtuvo los posibles valores inferidos, de una instalación en las mismas condiciones que la otra. Es decir, se simuló la instalación de colonia Hughes con la misma inclinación que la escuela, y se compararon los valores inferidos con los reales de la escuela. Y de la misma manera, se simuló la escuela con la inclinación de colonia Hughes, comparando los valores inferidos con los de colonia Hughes. De esta forma, si ambas modelizaciones dan la misma diferencia porcentual promedio, se podría llegar a determinar en qué porcentaje influye el ángulo de inclinación en la generación de energía.

En primer lugar se modelizó el sistema de colonia Hughes a 22° y 11° azimut noreste con las desviaciones porcentuales anteriormente mostradas entre los datos teóricos de colonia Hughes y los reales se infirió los datos teóricos de Hughes a 22° y 11° azimut este, a los reales estimativos.

Una vez obtenidos esos valores se los comparó con los reales de la escuela 23, obteniéndose una diferencia del 25,5%, 3,7% menos que la comparación entre los datos reales (figura 3).

En segundo lugar y a modo de verificación se realizó lo mismo, pero con la escuela 23, para lo cual se hizo el modelo teórico a 22° y 11° azimut de manera análoga a lo desarrollado en el punto 4.2 para colonia Hugues y así poder compararlos con los datos reales de generación obteniendo las desviaciones porcentuales, para luego poder inferir los valores.

Una vez obtenidos estos datos, se realizó la estimación a 40° y 17° azimut noroeste según se muestran en la tabla 4, luego de lo cual se comparó la estimación aproximada, con los datos de generación reales de Hughes a 40° y 17° azimut Oeste, habiéndose calculado una desviación absoluta promedio mensual del 25,5% similar a la calculada en la modelización precedente.

La diferencia entre el valor real a 22° y el estimado a 40° es del orden del 4% según se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Comparación de valores teóricos y reales para la escuela 23

	A 22° y 11° azimut este		A 40° y 17° azimut oeste	
MES	REAL 22°	TEORICO 22°	TEORICO 40°	ESTIMACIÓN DEL VALOR REAL 40°
jun-18	106.5	119.33	137.1562	122.41
jul-18	39.4	88.12	96.362	43.08
ago-18	101.5	151.19	163.7331	109.92
sep-18	139.7	154.67	156.9622	141.77
oct-18	170	203.49	195.7444	163.53
<b>TOTAL</b>	<b>557.1</b>	<b>716.7964</b>	<b>756</b>	<b>580.72</b>

## 5. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos en el estudio se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los datos teóricos de energía generados por el software, son en todos los casos mayores que los datos reales. Para proyectos de baja potencia esto no es significativo, pero si por el contrario se utilizan modelos para calcular la energía generada en instalaciones más importantes es aconsejable validarlos con mediciones de radiación in-situ para de esta forma evitar errores que puedan llevar a problemas de financiamiento para el repago de inversiones o en el caso de la existencia de contratos de venta de energía incurrir en penalidades.
- La diferencia de los ángulos de inclinación y el azimut con respecto al norte no son significativos en la generación anual de energía de los equipos analizados, siendo la alternativa de trabajar con ángulos variables la más interesante para implementar de manera práctica. Igual que para la conclusión anterior estas variables en proyectos importantes son para tener en cuenta ya que si bien el porcentaje es pequeño para grandes valores de generación de energía es un número a tener en cuenta.
- De todas las variables analizadas aparece como la más significativa a la hora de diseñar un proyecto la calidad de los paneles fotovoltaicos en cuanto a su eficiencia, ya que de no poder verificar los datos del fabricante podemos incurrir en errores a la hora de estimar el potencial de una instalación.
- Es necesario seguir analizando los datos de generación de ambos equipos para ir aumentando las series estadísticas para disminuir los errores y en lo posible validar con datos propios la radiación solar para ajustar los modelos de cálculo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <http://www.goodwe-power.com/>
- <http://www.frcu.utn.edu.ar/gelacc/>
- <https://inta.gob.ar/concepcion>
- <https://power.larc.nasa.gov/>
- Rodrigo J.A (Julio 2017) Test de Wilcoxon-Mann-Whitney como alternativa al t-test Disponible en [https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/218456\\_818e99f6d4e147a2abb94984d676a95b.html](https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/218456_818e99f6d4e147a2abb94984d676a95b.html)
- Castejon Oliva, A, Herranz Santamaria G (2010). Instalaciones solares fotovoltaicas. Madrid. Ed.Editex.

# A SUSTENTABILIDADE NA NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575: ÊNFASE NA DURABILIDADE

Matheus Pereira Mendes ([matheus.mendes@engenharia.ufjf.br](mailto:matheus.mendes@engenharia.ufjf.br)); Marina Barbosa Nogueira Lucena ([marina.nogueira@engenharia.ufjf.br](mailto:marina.nogueira@engenharia.ufjf.br)); Maria Teresa Gomes Barbosa ([teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br](mailto:teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br))

Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia (UFJF) - Brazil

**Palavras chave:** Desempenho, vida útil, durabilidade, processo de projeto.

*Atualmente, os agentes da indústria da construção civil têm investido esforços para transmitir informações acerca do desempenho dos materiais, visto que têm sido crescentes as preocupações a respeito da sustentabilidade das edificações. A norma de desempenho para edificações habitacionais NBR 15.575/2013 representou uma grande mudança no setor da construção, visto que até então não existia uma norma técnica brasileira que considerava o comportamento em uso da edificação. Para efeitos do documento, é apresentada uma lista geral de exigências dos usuários, sendo elas a segurança, habitabilidade, sustentabilidade e nível de desempenho. No que tange a sustentabilidade, são apresentadas algumas premissas para seu cumprimento: impacto ambiental; manutenibilidade; e durabilidade; definida como capacidade da edificação ou de seus sistemas de manter seu desempenho ao longo de sua vida útil e sob condições de uso e manutenção especificadas. No entanto, o critério da durabilidade das edificações tem sido frequentemente deixado de lado, atraindo pouco reconhecimento da sua importância. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo a análise da premissa de durabilidade da NBR 15.575/2013 ao longo das etapas do processo de projeto de uma edificação, assim como a verificação do seu atendimento por parte de empresas construtoras. Isto será alcançado através de uma revisão bibliográfica bem como da análise de dados obtidos de estudos de casos de pesquisas já realizadas no contexto nacional. Conclui-se que a durabilidade está presente em quase todas as etapas ao longo do processo de projeto e ainda há uma carência do atendimento deste critério nas empresas de construção. Espera-se que esse trabalho contribua com diretrizes para disseminação do conhecimento a respeito da norma de desempenho junto aos agentes da construção civil, para que cada vez mais a durabilidade das edificações seja considerada na prática.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, evento que ficou conhecido como Rio-92, o qual teve como objetivo a discussão sobre as ações que influenciam direta e indiretamente na degradação do meio ambiente, para que então fosse possível moldar ações para proteger o mesmo (CIB, 1999). Desde então, os debates sobre a sustentabilidade têm aumentado, balizando as atividades de várias indústrias, dentre elas a construção civil.

A construção civil representa uma das atividades com maior impacto ambiental, o que justifica a grande importância em se alcançar um desenvolvimento sustentável do setor (Blumenschein, 2004). Além disso, representa grande influência socioeconômica, já que está diretamente ligada à qualidade de vida das pessoas (Motta; Aguiar, 2009). Diante disso, o setor deve enfrentar vários desafios, entre eles o de se alcançar cada vez mais novas práticas e tecnologias que tem como o foco o desenvolvimento sustentável, abrangendo desde a etapa de projeto, a execução até a fase final, de uso e manutenção.

Devido aos impactos causados no ambiente e na sociedade, era necessário a criação de normatizações com o objetivo de alcançar a sustentabilidade do setor, assim como balizar seus processos, como a norma ABNT NBR-15.575 Edificações Habitacionais - Desempenho (2013). A normatização estabelece requisitos que devem ser cumpridos nas habitações para que as necessidades de seus usuários sejam atendidas. São apresentados, então, uma série de critérios divididos em três exigências: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. No que se refere à sustentabilidade, a NBR 15.575/2013 se apresenta em três fatores: impacto ambiental, manutenibilidade e durabilidade; foco deste trabalho.

A durabilidade nada mais é que a capacidade da construção e de seus elementos de exercer suas finalidades ao longo do tempo, de acordo com o uso e as manutenções já determinadas (ABNT, 2013). Em um componente, deve ser sempre relacionada a sua vida útil, medida temporal em anos a qual o sistema mantém seu desempenho esperado (Borges, 2008; Possan; Demoliner, 2013). Vale ressaltar, que segundo Possan e Demoliner (2013), que esta exigência não é uma característica intrínseca dos materiais, mas sim, de seu desempenho sob ação de determinados agentes externos.

Mesmo com a presença de normatizações específicas, há uma carência de preocupação por parte das empresas de construção civil de se considerar a durabilidade de seus produtos, sendo necessário um maior investimento em pesquisas, a fim de buscar, com eficiência e qualidade, a minimização de tais problemas. Para Borges (2008), ocorrências, como sinistros ocorrem no país, gerando grandes prejuízos econômicos e sociais. Estes episódios têm mobilizado a comunidade da construção a se pensar num projeto mais durável, com uma vida útil prolongada. Segundo Mehta e Monteiro (2008) “uma vida útil longa é considerada sinônimo de durabilidade”.

Para Borges (2008), é necessário que os projetistas tenham domínio da durabilidade dos componentes e sistemas. No entanto, há uma carência de informações à respeito deste requisito, dificultando a previsão da vida útil de projeto dos sistemas das edificações. Assim, é importante que os projetistas adotem este conceito e que seja considerado em todas as fases de uma edificação, desde a fase de planejamento até a fase de uso e manutenção. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo a análise da premissa de durabilidade da NBR 15.575/2013 ao longo das etapas do processo de projeto de uma edificação, assim como a verificação do seu atendimento por parte de empresas construtoras. Espera-se que esse trabalho contribua com diretrizes para disseminação do conhecimento a respeito da norma de desempenho junto aos agentes da construção civil, para que cada vez mais a durabilidade das edificações seja considerada na prática.

## **2. METODOLOGIA**

A metodologia aplicada no presente trabalho foi dividida em duas etapas, ambas com caráter exploratório.

### **Primeira Etapa**

A primeira parte da pesquisa consiste em um levantamento bibliográfico no intuito de encontrar onde se deve interferir ao longo do processo do projeto da edificação para que o critério de durabilidade da NBR 15.575/2013 seja cumprido. Isso será alcançado através de uma pesquisa bibliográfica e uma análise comparativa entre os critérios da norma e as etapas do processo de projeto.

Algumas pesquisas apresentaram o processo de projeto em fases com suas definições, seus agentes atuantes, os requisitos, os intervenientes e seus produtos finais (Gus, 1996; Novaes, 1996; CTE, 1997 apud Fontenelle, 2002; Jobin et al., 1999; Tzortzopoulos, 1999; Melhado et al., 1996 apud Romano, 2003; Fabrício, 2002). Estas, em sua totalidade, são representativas para apresentar o mais substancial do fluxo de etapas do processo de



projeto no cenário brasileiro (Fontenelle, 2002). No entanto, os diversos estudos não entram em consenso à respeito da nomenclatura mesmo apresentando diversos pontos em comum como a integração entre os agentes intervenientes e a grande importância dada à etapa de projeto legal.

Fontenelle (2002) realizou um levantamento bibliográfico de cinco modelos de processo de projeto e traçou um fluxo-base que servia como ponto inicial para qualquer mapeamento de processo de projeto. O autor definiu as nomenclaturas de forma que englobasse a maioria das pesquisas existentes e que tivesse um enfoque mais voltado à caracterização do empreendimento do que às disciplinas e áreas envolvidas. Além disso, definiu características comuns como objetivos e atividades de cada etapa. A proposta final ficou muito similar à de CTE (1997) e Tzortzopoulos (1999), por possuírem enfoques mais abrangentes e sistêmicos. As etapas do fluxo-base listadas pelo autor são:

- i) planejamento estratégico;
- ii) planejamento do empreendimento;
- iii) concepção do produto;
- iv) anteprojeto;
- v) projeto legal;
- vi) projeto executivo;

Sabe-se que o trabalho de CTE (1997 apud Fontenelle, 2002) e Tzortzopoulos (1999) incluem ainda a fase de execução do empreendimento, assim como a fase de uso com o objetivo de retroalimentar o processo e prover melhorias. Diante disso, o presente trabalho faz uso de uma adaptação do trabalho de Tzortzopoulos (1999) e de Fontenelle (2002), para que sejam englobados a maior parte do ciclo de vida de uma edificação.

## **Segunda Etapa**

A segunda etapa tem como enfoque a revisão bibliográfica no contexto nacional, baseada em estudos mais atuais que foram realizados desde a primeira publicação da norma de desempenho (2008) até o momento (2018). Os trabalhos foram devidamente pesquisados em plataformas destinadas à trabalhos científicos, sendo elas: Periódicos Capes, Google Acadêmico e Catálogo de Teses & Dissertações Capes. Além disso, foram obtidas oito amostras de quatros estudos de casos de pesquisas já existentes com empresas do ramo da construção civil. Nestas, foram utilizados diversos métodos observacionais, que para Gil (2008) é o mais utilizado para estudo de caso com foco na análise de dados qualitativos. É importante lembrar que os estudos relacionados ao critério da durabilidade presente na norma de desempenho são bastante escassos, dificultando a representatividade da amostra para o contexto nacional.

O primeiro trabalho foi realizado por Souza (2015), que utilizou um empreendimento feito por uma empresa na cidade de Chapecó, Rio Grande do Sul, que segundo autor, é a empresa que possui a maior quantidade de edificações construídas após a publicação da norma de desempenho. O empreendimento é caracterizado como uma habitação de interesse social e nesta pesquisa será referido como letra A.

O segundo trabalho foi realizado por Souza, Kern e Tutikian (2016). Os autores fizeram uso de apenas um estudo de caso, na cidade de Novo Hamburgo, no estado do Rio Grande do Sul. O empreendimento é um edifício habitacional de padrão alto que foi projetado com o objetivo de atender o nível superior da norma de desempenho e que neste trabalho, será referido como B.

A terceira pesquisa, realizada por Costella et al. (2017), foi a aplicação de uma lista de verificação dos critérios da norma de desempenho em cinco empreendimentos, dois de padrão baixo, um de padrão médio, e dois de padrão alto. As edificações são localizadas na

cidade de Chapecó e são representados nesta pesquisa com as letras C, D, E, F e G. O checklist é composto de cada requisito da norma, seu método de avaliação, o seu responsável e sua comprovação.

Por fim, a última amostra de estudo de caso utilizada está no estudo de Honório e Maurício Filho (2017), que será aqui nomeado de empreendimento H. Na pesquisa, foi aplicada uma lista de verificação da norma de desempenho na cidade de Tubarão, no estado de Santa Catarina. A verificação foi feita através da análise dos projetos assim como dos manuais de proprietário.

Os dados dos estudos utilizados foram analisados de acordo com o cumprimento ou não do requisito normativo. Para transformação de dados qualitativos em quantitativos, foi atribuída uma escala de 1 a 0 para cada requisito cumprido, sendo 1 para os conformes, 0,5 para os parcialmente conformes, e 0 para os não conformes.

### 3. RESULTADOS E ANÁLISES

#### 3.1. O critério da durabilidade no processo de projeto

Para Tzortzopoulos (1999), o processo de projeto é formado por uma visão ampla, que busca mapear as atividades ligadas ao projeto que são realizadas em etapas do processo de produção dos produtos da construção civil. Esta análise vai desde a fase de planejamento até a fase de uso do empreendimento. Segundo Fabrício (2002), o processo de projeto significa uma visão abstrata daquilo que se deseja realizar. No entanto, cabe ressaltar, segundo Gus (1996), que este mapeamento deve ser visto de forma integrada, e não como uma sequência definida de etapas, já que o processo de projeto não é sólido e linearmente sequencial.

De acordo com Crul e Diehl (2007), quando um produto exige o cumprimento da sustentabilidade, deve-se pensar estrategicamente em todas as etapas do processo de produção de uma edificação, para que esta atenda a estes requisitos e o desempenho desde a fase inicial.

Sabe-se, porém, que diferente da segurança, os requisitos de durabilidade são muitas das vezes deixados de lado (Brandão, 1999; Oliveira, Mitidieri Filho, 2012), e que estes estão diretamente ligados à sustentabilidade, já que uma edificação durável possui um ciclo de vida maior. Diversos estudos mostram que os problemas causados pela falta do critério de durabilidade têm origem na fase de projeto e na especificação de materiais, por isso a importância em se conhecer quais medidas devem ser tomadas para o atendimento destes ao longo do processo de projeto (Brandão, 1999).

Espera-se que o cenário de negligência em relação à sustentabilidade da edificação tenha mudado com a publicação da NBR 15.575 em 2013, já que é a primeira normatização brasileira que considera o comportamento em uso da edificação (Costella, 2017), assim como os conceitos de sustentabilidade.

Partindo das etapas de processo de projeto criadas por Tzortzopoulos (1999) e de Fontenelle (2002), a Tabela 1 mostra como o requisito de durabilidade está distribuído ao longo destas etapas.

Tabela 1. Requisito da durabilidade ao longo do processo de projeto (Fonte: Adaptado de Tzortzopoulos, 1999; Fontenelle, 2002).

Fase	Ação relacionada ao requisito de durabilidade
------	---

Fontenelle, 2002	Planejamento Estratégico	Não se aplica
	Planejamento do Empreendimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição do nível de desempenho da edificação: mínimo ou superior</li> <li>• Análise de riscos e das condições ambientais que podem impactar a durabilidade da edificação e de seus sistemas.</li> </ul>
	Concepção do Produto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamento de todos os requisitos de durabilidade e como é possível de serem cumpridos</li> <li>• Especificação da vida útil de projeto (VUP) para materiais e sistemas</li> </ul>
	Anteprojeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análise de custos ao longo da vida útil de materiais, componentes, sistemas e equipamentos da edificação.</li> </ul>
	Projeto Legal	Não se aplica
	Projeto Executivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificação de materiais considerando sua vida útil sob as condições de exposição, bem como seus programas de manutenção.</li> </ul>
Tzortzopoulos, 1999	Acompanhamento de Obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acompanhamento da execução conforme premissas de projeto</li> <li>• Elaboração do manual de uso e manutenção, para que a premissa de durabilidade seja cumprida ao longo da vida útil</li> </ul>
	Acompanhamento de Uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atendimento pós-obra englobando a solicitação de intervenções de manutenção e análise das causas de interferências.</li> </ul>

O critério de durabilidade começa a ser levado em conta em etapas iniciais. O *Planejamento do Empreendimento* é a fase na qual devem ser avaliadas as necessidades das partes envolvidas, assim como é feita uma análise de viabilidade técnica, econômica e comercial do produto final. Diante disso, é a primeira etapa na qual a durabilidade deve ser levada em conta, já que é preciso decidir em qual nível de desempenho da NBR 15.575/2013, mínimo ou superior, espera-se atender. Além disso, começa-se a fazer uma análise das interferências sobre o produto para encontrar os possíveis impactos à sua vida útil.

A fase de *Concepção do Produto* é a fase também conhecida como estudo preliminar, onde ocorre a representação do apanhado de informações para a caracterização do produto final sob a ótica do programa de necessidades dos clientes (Tzortzopoulos, 1999; Fontenelle, 2002). Assim, deve-se levantar todos os requisitos de durabilidade presentes na norma de desempenho, assim como as medidas para seu cumprimento. Além disso, deve-se fazer a estimativa da vida útil de todos os sistemas e componentes da edificação.

A etapa de *Anteprojeto* é caracterizada como a representação das informações técnicas e legais da edificação e de seus componentes, necessários para a avaliação dos custos, da qualidade do projeto e das taxas de retorno do investimento (CTE, 1997 apud Fontenelle, 2002; Tzortzopoulos, 1999; Fontenelle, 2002). Assim, nesta etapa, faz-se uma análise de custo de componente, materiais e sistemas, diluídos ao longo da vida útil (Zanotto et al., 2015).

A fase de *Projeto Executivo* é basicamente o detalhamento que servirá de auxílio para a fase de execução. Nela, são representadas todas as informações técnicas do produto final. Assim, nessa fase, são considerados os materiais e métodos que devem utilizados para que os sistemas e componente atinjam a sua vida útil de projeto, bem como o seu programa de manutenção.

Por fim, as últimas fases, consideradas por CTE (1997 apud Fontenelle, 2002) e Tzortzopoulos (1999): o *Acompanhamento de Obra* e o *Acompanhamento de Uso*. A primeira é a vistoria da execução do produto sob as especificações definidas no projeto executivo, assim como a elaboração dos manuais de uso e manutenção. Já a segunda, é a fase pós-obra, que serve como retroalimentação do sistema através da coleta de dados sobre as intervenções de manutenção.

O *Planejamento Estratégico*, para muitos autores como CTE (1997 apud Fontenelle, 2002) e Tzortzopoulos (1999), acontece anteriormente ao processo de projeto propriamente dito, já que ele está voltado mais a questões comerciais, que do próprio produto. Assim, a durabilidade da edificação ainda não é considerada. Isso acontece também na fase de *Projeto Legal*, que está relacionado à questões legislativas para aprovação preliminar do projeto.

### 3.2. O critério da durabilidade nas amostras de estudo de caso

De acordo com Seiko (2015), para que o critério de durabilidade seja efetivo, é necessária uma maior capacitação dos profissionais técnicos, arquitetos e dos engenheiros, devido ao fato de que os mesmos têm em suas mãos as tecnologias necessárias, porém não sabem utilizá-las de forma a se alcançar o critério da norma de desempenho.

A Tabela 2 mostra a avaliação dos critérios de durabilidade preconizados pela NBR-15.575/2013 nas amostras de estudos de caso, dividindo-os em sistemas e o item de critérios gerais (generalidades), assim como apresentados na normatização. Além disso, uma análise da porcentagem do cumprimento por sistema é apresentado na Figura 1.

Pode-se observar, que a subdivisão generalidades, para essa amostragem, foi deixada de lado, cumprindo somente 6% dos requisitos, como pode ser visto na Figura 1. O item engloba, além do critério de vida útil do projeto, o conceito de durabilidade que, segundo Possan e Demoliner (2013), está diretamente ligado ao conceito de vida útil do projeto (VUP), por se referir às características dos materiais utilizados e suas condições e exposições ao longo dos anos.

Segundo Oliveira (2012), o desempenho estrutural está diretamente ligado a segurança, um sistema que atrai bastante cautela e atenção dos profissionais, já que envolve riscos à segurança do usuário e do ativo construído. No entanto, a porcentagem de atendimento desta exigência nesse sistema é apenas 19%, sendo bastante preocupante, já que no país já ocorreram sinistros que causaram grandes impactos econômicos e sociais (Borges, 2008).

No que se refere aos pisos, o cumprimento das exigências por meio das amostras foi de apenas 18%. Segundo a própria norma (ABNT, 2013), contraditoriamente à este resultado, esse critério está sendo bastante abordado devido aos desafios decorrentes do mau desempenho deste sistema. O risco de uma queda, por exemplo, pode ser gravíssimo para idosos; acidentes os quais podem ser evitados levando em conta as exigências, por serem previsíveis.

**Tabela 2.** Avaliação dos critérios de durabilidade em empreendimentos.

Itens Gerais/ Sistemas	Critério Normativo	Método de Avaliação	Empreendimento							
			A	B	C	D	E	F	G	H
Generalidades	Vida útil de projeto	Análise de projeto	X	X	X	X	X	X	X	X
	Durabilidade	Análise de projeto, inspeção ou ensaios	X	●	X	X	X	X	X	X
Estrutura	Vida útil de projeto do sistema estrutural	Análise de projeto, ensaios ou modelos matemáticos	○	X	X	●	X	X	X	X
Piso	Resistência à umidade do sistema de pisos de áreas molhadas e molháveis	Ensaio	X	X	X	-	X	-	X	●
	Resistência ao ataque químico dos sistemas de pisos	Análise de projeto ou ensaio	X	X	X	●	X	X	X	X
	Resistência ao desgaste em uso	Análise de projeto	X	X	●	●	X	X	X	X
Vedações Verticais	Ação de calor e choque térmico	Ensaio	X	X	X	-	X	X	X	X
	Vida útil do projeto	Análise de projeto	○	●	X	X	X	X	X	X
Coberturas	Vida útil do projeto	Análise de projeto	-	-	X	X	X	X	X	X
	Estabilidade da cor de telhas e outros componentes das coberturas	Ensaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Inst. Hidrossanitárias	Vida útil do projeto das instalações hidrossanitárias	Análise de projeto	-	●	X	X	X	X	X	X
	Projeto e execução das instalações hidrossanitárias	Análise de projeto	-	●	●	●	X	●	●	●
	Durabilidade dos sistemas, elementos, componentes e instalação	Análise de projeto	-	●	X	X	X	X	X	●

Legenda: ● – Conforme; ○ - Parcialmente conforme; x - Não Conforme; ( - ) Não se aplica

Para Belo (2017), os sistemas de vedações verticais apresentam grande influência sobre o desempenho da edificação por meio do fornecimento de estabilidade, resistência, segurança contra incêndio, dentre outros; requisitos fundamentais para o prolongamento da vida útil de projeto. Mesmo assim, a porcentagem de cumprimento não foi satisfatória, sendo cerca de 10%.

O sistema de coberturas não teve atendimento de nenhuma das exigências em todas as amostras analisadas. Por outro lado, observou-se um maior cumprimento no sistema de instalações hidros sanitárias, mesmo não atendendo nem metade dos requisitos.





Figura 1. Conformidade com o requisito de durabilidade por sistema nas amostras.

Por fim, foi analisado a porcentagem de atendimento da durabilidade nas amostras (Figura 2). O maior atendimento foi de 45%, no empreendimento B, seguido de 40% no D. A média destas oito amostras foi de apenas 20%, sendo que uma delas sequer cumpre um único critério. Dessa forma, observa-se que grande parte das edificações ainda não apresentam consigo grande eficácia quanto ao seguimento dos requisitos impostos pela NBR-15.575/2013.

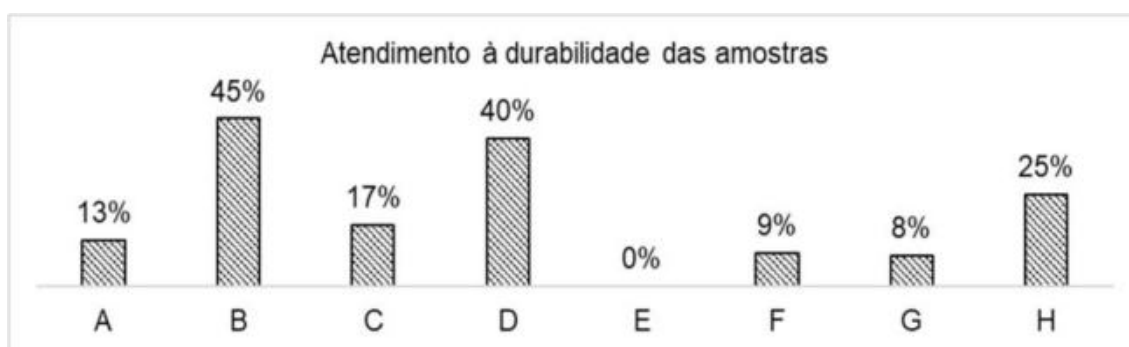


Figura 2 Atendimento à durabilidade das amostras.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na NBR 15.575/2013, a sustentabilidade tem como um dos requisitos a durabilidade, uma vez que prolongar a vida útil da edificação significa aumentar seu ciclo de vida. Sabe-se, que para atender à estes critérios, deve-se levar em conta a durabilidade em todas as etapas do processo de produção da edificação, estendendo até a fase de pós-obra. Diante disso, o êxito no produto final, então, está diretamente relacionado à um melhor planejamento, detalhamento dos processos, especificação de materiais e à qualidade dos processos.

Como foi visto, ambas sustentabilidade e durabilidade enfrentam dificuldades de serem consideradas nas edificações. A norma de desempenho foi publicada para balizar o setor da construção civil, para que as exigências dos usuários, que antes eram negligenciadas, pudessem ser cumpridas. No entanto, pode-se observar que todas as amostras dos estudos de caso não atendem sequer a metade dos critérios. Isto é bastante preocupante dado à grande importância econômica e ambiental desse requisito.

Por fim, apesar de 5 anos de vigência e 10 anos de sua primeira publicação, são escassos os estudos sobre os critérios de durabilidade da norma NBR 15.575/2013, principalmente aqueles que fazem uso de estudo de caso. Ademais, dentre as poucas pesquisas, a maioria são oriundas da região sul, dificultando uma amostragem representativa no contexto nacional. Pode se dizer então que este estudo contribuiu com a disseminação do conhecimento sobre a norma de desempenho e dos critérios de durabilidade, para que estes possam ser considerados cada vez mais na indústria da construção.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15575: Edificações habitacionais- Desempenho – Atividades técnicas. 2013.
- *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), CIB Report Publication 237, 1999.*
- Belo, Edilson; *Avaliação do desempenho do sistema de vedação vertical interna e externa. Revista on-line IPOG Especialize, dezembro de 2017.*
- Blumenschein, R. *A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção Civil. Brasília: Universidade de Brasília - Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2004.*
- Borges, C. A. M.; Sabbatini, F. H. *O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, USP, 2008. (Boletim Técnico, n. 515).*
- Brandão, A. M. S.; Pinheiro, L. M. (1999). *Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto. Cadernos de Engenharia de Estruturas. n.8. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos.*
- Costella, M. F. et al. *Avaliação da aplicação da norma de desempenho: estudo de caso em cinco empreendimentos. Revista de Engenharia Civil IMED, v. 4, p. 55–74, 2017.*
- Crul M., Diehl J.C., (2007) *Design for Sustainability (D4S): A Practical Approach for Developing Economies, UNEP publication. <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/D4SApproachEN.pdf>, Acessado em 2 de outubro, 2018.*
- Fabrício, M. M. *Projeto simultâneo na construção de edifícios. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2002.*
- Fontenelle, E.C. *Estudos de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção .2002. 269f. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.*
- Gil, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. São Paulo: Atlas, 2008.*
- Gus, Márcio. *Método para a Concepção de Sistemas de Gerenciamento da Etapa de Projetos da Construção Civil: um estudo de caso em empresa de incorporação e construção de edifícios em Porto Alegre. Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. Dissertação de Mestrado.*
- Helene, P.R.L. *Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. In: workshop durabilidade das construções, 1997, São Leopoldo. Anais... São Leopoldo: ANTAC, 1997. p.31-42.*
- Honório, R. B.; Maurício Filho, S. *Análise de um projeto residencial multifamiliar às exigências estabelecidas pela NBR 15575/2013: estudo de caso. Tubarão (SC), 2017. Trabalho de Conclusão (Graduação) – Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.*
- Jobim, M.S.S. et al. *Controle do processo de projeto na construção civil. Porto Alegre: FIERGS/CIERGS, 1999.*
- Mehta, P. K.; Monteiro, P. J. M. *Concreto - microestrutura, propriedades e materiais. 2 Ed. São Paulo: IBRACON, 2014.*
- Motta, S.R.F.; AGUILAR, M.T.P. *Sustentabilidade e processos de projeto de edificações. Gestão e & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v.4, n.1, 2009. USP, São Paulo, 2009.*
- Novaes, Celso Carlos. *A modernização do setor da construção de edifícios e a melhoria da qualidade do projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 1998. p. 169-176.*
- Oliveira L. A.; Mitidieri Filho, C. V. *O projeto de edifícios habitacionais considerando a norma brasileira de desempenho: análise aplicada para as vedações verticais. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Carlos, v. 7, n. 1, p. 90-100, 2012.*

- *Possan, Edna; Demoliner, Carlos Alberto; Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, 1ª edição, 2013.*
- *Romano, F. V. Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. 2003. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.*
- *Seiko, Patricia. Os impactos da Norma Brasileira de desempenho sobre o processo de projeto de edificações residenciais. Dissertação (mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2015.*
- *Silveira, E. O Processo de Projetos de Edificações em Instituições Públicas: Proposta de um modelo simplificado de coordenação. Belo Horizonte: Escola de Engenharia- Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.*
- *Souza, J. L. P.; Kern, A. P.; Tutikian, B. F. Análise quantitativa da Norma de Desempenho (NBR No 15.575/2013) e principais desafios da implementação do nível superior em edificação residencial de multipavimentos. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 13, n. 1, p. 127–144, 2018.*
- *Souza, Nicolas Staine. Implantação da norma de desempenho de edificações habitacionais em uma incorporadora no município de Chapecó 2015. Monografia II (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Comunitária Regional de Chapecó (Unochapecó), Chapecó (SC), 2014.*
- *Talamini, Felipe; Back, Nestor; Avaliação dos fatores que influenciam na qualidade de execução dos sistemas hidrossanitários. Universidade do Extremo Sul Catarinense , 2015.*
- *Tzortzopoulos, P. Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. 1999. 150p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.*

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CNPQ e CAPES pelo apoio à pesquisa.

## FLEXIBLE AND ADAPTIVE BUILDINGS SINCE EARLY DESIGN STAGE

Joana Andrade (joana.andrade@civil.uminho.pt); Maria de Fátima Castro (info@mfcastro.com); Luís Bragança (braganca@civil.uminho.pt)

Universidade do Minho, Centro de Território, Ambiente e Construção (EEUM-CTAC)

**Keywords:** Sustainability, early design, adaptability, flexibility, buildings

*The sustainability concept implies a long-term vision. People's life is constantly changing, and buildings should cope with it. Buildings should be able to adapt to new requirements whenever needed. Nevertheless, conventional buildings are not design do be modified, leading to unnecessary and premature demolition. Preserving built heritage, promotes the population wellbeing and cultural identity. Thus, a building's flexibility potential can have major impact on society, environment, and economy. In this since, building design should include flexibility concerns to allow buildings to adjust to new requirements easily, hence extending their life cycle.*

*The concept of adaptability is already considered in several building sustainability assessment (BSA) tools; however, it is not common practice, nor meant to all types of buildings. In addition, existing BSA tools are only applicable to later design stages not being able to aid designers establish and accomplish adaptability goals. In this sense, this paper aims at presenting a method to support decision-making at early design stages, fulfilling this gap, by describing how adaptability can be ascribed in BSA tools at early design.*

*The method allows establishing objectives and comparing alternative design solutions to support electing the solution with the better performance, regarding the established goal. It was found that the method should include the following two sub-indicators regarding adaptability: (i) flexibility provision and*

*(ii) adaptability capacity. The first, deals with design strategies to accommodate change, through the transformation capacity, while the second quantifies the space availability for change, following the open building concept, evaluating the percentage of adaptable area. When considered at early design, these aspects allow extending the buildings' life cycle, reducing their environmental impact. Increased transformation capacity means that buildings can better accommodate new requirements, improve their dismantling potential, thus enabling replacement, reuse, or recycling towards sustainable and resilient buildings.*

### 1. INTRODUCTION

Building should embed change, by being planned to reuse and reconfiguration, enabling adaptation to new requirements, fostering the sustainability of the built environment. Adaptability can be defined as the ability to change to suit overtime new requirements, considering spatial, structural, and service alteration strategies (Schmidt *et al.*, 2010). By all its implications, adaptability is essential to achieve sustainability, assuming that a building is as more sustainable as its transformation capacity increases (Figure 1).

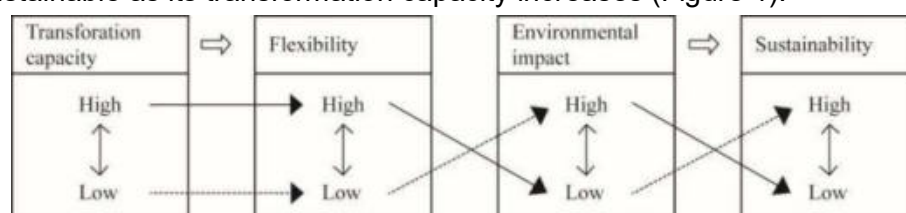


Figure 1. Relation between building conversion capacity and sustainability (Durmisevic, 2006)

Buildings are typically seen as static rather than evolutive, capable of absorb change. This often leads to premature demolishing actions (Durmisevic, 2006). As lifestyle patterns change throughout a lifetime, buildings should be able to cope with that being able to adapt and accommodate new requirements. Readjusting the buildings to new requirements would help attaining the EU requirements to reduce the construction and demolition waste in 70% by 2020 (EU, 2008). By preserving and adapting buildings, it is possible to extend their life cycle, this reduce their environmental impact, reduce the overall embodied energy, and waste production (Conejos *et al.* 2014). Also, flexible and adaptable buildings allow enable up-recycle into urban regeneration projects. Preserving built heritage benefits cultural identity, sense of belonging, and even has economic welfares, as the tourism boosts local economies, which is often driven by the cultural heritage of the city (Tweed & Sutherland, 2007). If flexibility is foreseen during design, maintenance and refurbishment operations will have its time and cost reduced (Gosling *et al.*, 2008).

In this sense, to promote buildings adaptability, transformation capacity and flexibility issues should be considered right at the early stages of a building design. During early design the costs of implementing any measure can be lowered, and building's performance can be improved (Kovacic & Zoller, 2015), being easier and cheaper to establish sustainability goals, whether they relate to adaptability or not. So, as soon as adaptability goals are established in the design process the easier and simpler it will be to erect a adaptable and sustainable building.

## 2. OBJECTIVES

Baring this in mind, the major aim of this paper is to briefly present a novel method to aid early sustainable design decision-making, and specifically present how adaptability can be considered early in the design within this method. Therefore, two sub-indicators calculation procedures are described "flexibility provision" and "adaptability capacity".

## 3. BUILDING ADAPTABILITY DESIGN

The concepts of space adaptability and flexibility, emerge as a mechanism to address the lack of a permanent link between the user, changing constantly, and the designer. Devices that provide the desired space availability and the composition of the building allow accommodating different modes of use in situations that are limited at the outset. Thus, the flexibility in its various forms aims primarily at freeing the building sector of the negative aspects, so that the needed multi-functionality is achieved. Therefore, the concept of flexibility can be subdivided into two major groups: the initial flexibility and continuous flexibility.

The initial flexibility is considered to encompass the mechanisms capable of offering the possibility of choosing the desired spaces before the occupation of the house, allowing the active participation of its inhabitant and promoter in its design. As a variation of these cases, one adds the devices that promote the expansion of the house from an initial modular core, such as an evolutionary organism. This flexibility allows the existence of a constant flexibility, in which the space already occupied, through other organisational devices, maintains a character of versatility and polyvalence, integrated in a global identity of the whole at a spatial level, marked by a precise balance between stability of shapes and fluidity of space.

The concept of continuous or permanent flexibility, as described by the authors, would be the desired response to the possibility of modifying the envelope over time, being sub-divisible into three concepts: mobility, evolution and elasticity (Eleb-Vidal *et al.*, 1988). Mobility implies a rapid change of spaces according to the hours and activities of the day; evolution presupposes the long-term modification of family transformations; and the elasticity corresponds to the modification of the living surface by joining one or more compartments.



Adaptability is another way to understand the flexibility. The adaptive building admits many different functions at present and in the future. It also allows for the possibility of the change of use (Maccreeanor, 1998). So, regarding the concept of adaptability, it is important always take into account the capacity of a building to absorb different uses during its lifetime, and on the other hand, the possibility of using the same space for different functions during all the use phase.

In this regard, adaptability can be defined as the capacity to adjust and suit new situations, accommodating new demands regarding space, function, and componentry to fit a purpose, value, and time (Schmidt *et al.*, 2010; Till & Schneider, 2005; Manewa *et al.*, 2013).

The life requirements of a building change throughout its life cycle, especially when dealing with a residential building. A person's living situation changes a few times over the years, and houses should cope with it. This way, houses should function accordingly, so that people would not need to move just because their life requirements have changed (Bokalders & Block, 2010).

To ease future modifications, total or partial dismantlement or deconstruction, as well as materials and components recovery, reuse, and recycle, Design for Disassembly (DfD) concept arose (Guy & Ciarimboli, 2008; Webster, 2007). DfD supports circularity in the built environment, pursuing the target of closing materials loops as it remains one of the most challenging efforts of sustainable buildings (Kibert, 2013). Durmisevic (2006) developed a method to assess the building's transformation capacity based on its disassembly potential. Davico (2013) presented an evaluation method to evaluate the level of a project's flexibility.

The Open Building concept, proposed in 1961 by John Habraken, states that buildings can be designed in separate layers to allow optimal layout freedom and modifications (Dekker, 1998). Habraken (*in* Cuperus, 2001) defended that such layers should accommodate unknown future changes, by having different levels: tissue, support, and infill, and the urban fabric, containing base buildings with their fit-outs. With this in mind, Guy & Ciarimboli (2008) created a terminology: Site – Structure – Skin – Services – Space Plan – Stuff, for building layers that could have different service lives, flexibility and performances and that should be accounted in building design.

The aspects that most affect the building flexibility are implementation, form, structure and size, circulation and technical systems positions, and usable areas size (Davico, 2013; Živković and Jovanović, 2012). It is also important to consider the level of separation of the buildings' components and materials and their function, as it can also affect the buildings transformation capacity. Nevertheless, Bokalders & Block (2010) defend that a building should not be too flexible, as otherwise it could jeopardise its benefits.

Adaptability is often considered within BSA methods by (i) ease of disassembly and deconstruction, (ii) spatial structure (iii) indoor height clearance, (iv) accessibility of utilities cables and conducts and, (v) modularity, especially for office buildings (Bragança *et al.*, 2016). However, the international standards as ISO 21929-1:2011 and EN 16309:2014, recommend addressing adaptability also through: (i) individual users, (ii) change of user, (iii) technical aspects and, (iv) change of use (ISO, 2011; CEN, 2014). EN 16309:2014 stated the following as measures to evaluate the adaptability potential of a buildings:

- Minimisation of internal load-bearing-elements (columns, internal walls);
- Ease of demolition/demountability of internal building elements;
- Redundancy in load-bearing capacity;
- Accessibility/demountability of pipes and cables;
- Provision of space for additional pipes and cables required for a change of use;
- Provisions for possible future equipment (e.g. elevators).

Accordingly, the inclusion of adaptability concerns is crucial for to attain a sustainable built environment. In this way, adaptability should be included in the building sustainability assessment methods, enabling to reward its potential to expand the building's life cycle, reduce its environmental potential and promote the wellbeing of its inhabitants and community.

#### 4. RESEARCH METHODOLOGY

The development of the adaptability indicator evaluation process was carried out within the development of the novel decision-supportive method for sustainable residential buildings early design. The research methodology adopted to the development of such a method, was the following:

- i. literature review;
- ii. analysis and evaluation of existing BSA tools;
- iii. distribution of a questionnaire;
- iv. framework proposal and;
- v. case-study validation.

The aim of this paper is not to thoroughly present the development of these five stages. Instead, it presents the development of the calculation procedure of the adaptability indicator, carried out within the elaboration of the decision-supportive method for sustainable residential buildings early design.

The steps (i) to (iii) revealed the need to consider adaptability aspects in the method being developed. In this steps, existing literature regarding building sustainability was reviewed, a throughout analysis of BSA methods was carried out and a questionnaire to designers was implemented. This latter aimed at gathering the designers understanding about sustainability and which aspects they consider relevant to be included in a building design. The three steps poited out that adaptability, spatial efficiency, ease of disassembly, reuse, recycling, and durability contribute the building's environmental impact, but are not covered by legal requirements (Gosling *et al.*, 2013). In the questionnaires the designers considered adaptability aspects to be relevant to the buildings' sustainability (Andrade, 29017). Thus, corroborating the need to include adaptability features in the developing tool.

After, the sustainability matrix to be included in the developing tool was established (stage iv). This matrix included one adaptability indicator, subdivide into two sub-indicators: (i) flexibility provision and, (ii) adaptability capacity. To develop the evaluation procedure for these two sub-indicators, stages (i) and (ii) of the research method where repeated, reviewing literature about the topic and analysing the BSA tools evolution procedures for adaptability. The approach focused on identifying existing research for promoting and assessing the building's functionality aspects and how this was already dealt with in BSA tools.

As considering early design, the calculation procedures should be developed according to the following premises: easy to assess yet, enable the comparison of alternative solutions performance, and acknowledge the efforts of the designers and their established goals. To cope with this, two approaches were followed: i) descriptive and, ii) indicative. In the descriptive path, designs can select the goals to accomplish, verifying to which indicative performance level does it corresponds to. In the indicative path, it is the other way around, meaning that designers can first select the performance level to attain and be retrieved with the measures to be implemented as to achieve the established goal. With the project evolvment, more accurate assessments and verification can be carried out, if desired, to implement and validate the indications given with the developing tool.

## 5. ADAPTABILITY AT EARLY DESIGN

According to Durmisevic (2006), only the flexibility of the buildings' assembly can be considered during early design, not its functional decomposition, as this can only be worked on after all necessary aspects have been considered. Different authors, as Davico (2013) or Durmisevic (2006) proposed methods to evaluate and design flexible and adaptable buildings, although in different ways. Davico (2013) proposes a set of possible design solutions, rather than a method to design any solution, while Durmisevic's (2006) model is too complex for a straightforward and quick analysis. Moreover, both methods do not follow directly the recommendations from EN 16309:2014.

The calculation procedures developed for both sub-indicators were based on the methods presented by these two authors, as presented next.

### 5.1. Flexibility provision

The flexibility provision sub-indicator intends to evaluate the design strategies adopted to accommodate change, promoting future-proof homes and ease of disassembly. Based on the Durmisevic (2006) model, its evaluation is achieved by calculating the transformation capacity (TC). A higher TC eases the ability of the building to accommodate new requirements and its disassembly potential enabling reuse and recycling of components, and aiding reducing the building's environmental impact.

The method was simplified to ease its applicability to early design stages, by diminishing the number of input levels and by using only the dependency nodes in the aggregation process. This occurred by withdrawing aspects that do not directly affect a more functional and easily convertible building and by prioritising the aspects already considered by BSA tools (OpenHouse, 2010; Barbosa *et al.*, 2013). To cope with the simplification, the weights were redistributed according to the relative importance of each of the remaining aspects. Nevertheless, if one is attempting to achieve a high TC, the use of the full method is recommended in later stages of the design, when more data is available.

The evaluation procedure consists of a qualitative approach through a check-list, rewarding the designers' efforts to achieve a high TC, according to Table 1 input level column (level 0). To each checked item, a grade is given following the weights from Durmisevic (2006). Level 0 (input level) regard the effort to be checked, which is then aggregated to Level 1 by using the Equation 1. The aggregation process from Level 1 to Level 4 is carried out with the weighted sum method, using the weights given in Table 1.

$$D_{sak} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n} \quad (1)$$

Where  $D_{sak}$  is the result of the Disassembly sub-aspect  $k$ ;  $g_i$ : is the grading from the independent variables  $i$  selected from Level 0 and;  $n$  is the number of  $i$  selected.

Table 1. Aspects considered with flexibility indicator and corresponding grading

Level 3 Transformation/ Disassembly criteria	Level 2 Disassembly aspects to TC		Level 1 Disassembly sub- aspects		Level 0 Input level		
Material Levels [0.5]	Functional decomposition	0.67	Functional separation	0.56	Separation of functions	1	
					Integration of functions with the same life cycle into one element	0.6	
					Integration of functions with the different life cycles into one element	0.1	
			Functional dependence	0.44	Modular zoning	1	
					Planned interpenetration of installations and load-bearing elements	0.8	
					Unplanned interpenetration of installations and load-bearing element through a free zone	0.2	
	Systematisation	0.33	Structure and materials	0.5	Components	1	
					Elements/components	0.8	
					Elements	0.6	
					Materials/elements/components	0.4	
			Clustering	0.5	Clustering according to function	1	
					Clustering according to material life cycle	0.6	
	Interfaces [0.5]	Assembly	0.33	Assembly direction based on assembly type	0.56	Parallel – open assembly	1
						Stuck assembly	0.6
Base element in stuck assembly						0.4	
Assembly sequences regarding material levels				0.43	Component/component	1	
					Component/element	0.8	
					Element/component	0.6	
					Element/element	0.5	
Interfaces [0.5]				0.67	Type of connection	0.5	Accessory external connection
		Direct connection with additional fixing devices	0.8				

Level 3 Transformation/ Disassembly criteria	Level 2 Disassembly aspects to TC		Level 1 Disassembly sub- aspects		Level 0 Input level	
Interfaces [0.5]	Interfaces [0.5]	0.67	Type of connection	0.5	Direct integral connections with inserts	0.6
					Accessory internal connection	0.4
			Accessibility to fixing and intermediary	0.5	Accessible	1
					Accessible with extra operations causing no damage	0.8
					Accessible with extra operations causing reparable damage	0.6
					Accessible with extra operations causing partly damage	0.4

Table 2 presents the indicative performance levels for the flexibility provision, which follow the Durmisevic (2006) performance categories.

Table 2. Indicative performance levels for flexibility provision

Level	Description	
Level 1	TC ≤ 33%	Low transformation capacity
Level 2	33% < TC < 67%	Medium disassembly capacity
Level 3	TC ≥ 67%	High disassembly capacity

## 5.2. Adaptability capacity

This sub-indicator aims at measuring the space that is available to be changed according to the inhabitants' requirements. To do so, it quantifies the Global Adaptable Space (GAS) according to equation 2 (Davico, 2013), i.e., the percentage of built area available to be transformed. Then, the adaptable area is given by the difference between the net internal area and the internal fixed area (area that cannot be changed).

$$GAS = \frac{NIA - IFA}{GEA} \quad (2)$$

Where *NIA* is the net internal area (m<sup>2</sup>), *IFA* is the internal fixed area (m<sup>2</sup>) and, *GEA* is the gross external area (m<sup>2</sup>).

The evaluation results can be achieved with one of approaches already described, descriptive or indicative. With the descriptive, the adaptable area is known, the GAS value is automatically obtained and the indicative performance level is given (Table 3). Following the indicative path, GAS can be estimated according to the intended performance level, which uses the *NIA* estimation from another indicator – space efficiency (Andrade, 2017). Table 3 gives the indicative performance levels, which were obtained applying the factor four rule (Weizsäcker, *et al.*, 1998) to the ratio *NIA/GEA*.



Table 3. Indicative performance levels for adaptability capacity

Level	Description
Level 1	$GSA < 25\%$ of NIA/GEA
Level 2	$25\% \leq GSA < 50\%$ of NIA/GEA
Level 3	$50\% \leq GSA < 75\%$ of NIA/GEA
Level 4	$GSA \geq 75\%$ of NIA/GEA

In the cases where data is scarce, it is possible to estimate IFA based on the area quote assigned to kitchens and bathrooms (Davico, 2013). Typically, 9.64% of the NIA of single-family buildings is occupied by bathrooms and 13.14% concerns household activity spaces such as kitchens, pantries, utility rooms, etc. (Oliveira, 2012). This means that 22.78% of the NIA can be considered as fixed area, remaining 77,22% of NIA available to be transformed. Ideally, for a building to be fully adaptable all its net internal area should be able to be adapted.

When desired, design alternatives can be tested and their performance levels compared, to verify which fits adaptability design goal.

## 6. CONCLUSIONS

Considering sustainability concerns at a building's project early design is key to achieve a sustainable built environment. If sustainability goals are established early, the chances to succeed in implementing them are higher and at lower costs. Therefore, tools and methods are needed to support sustainable decision-making during the design phases.

While several sustainability concepts are well-known and already considered, such as energy efficiency or low impact materials, adaptability is often overlooked. However, a building that is adaptable can live longer, have a lower environmental impact and be in line with the needs of its users, promoting their life quality and comfort. Additionally, by preserving built heritage and adapting it to new requirements, the sense of belonging is boosted, preserving cultural heritage and local economy. Although the existing BSA methods can consider adaptability potential, these are not useful nor applicable at the early design stages of a building.

This paper presented how adaptability can be evaluated within a novel decision-supportive method for the early sustainable design of buildings. Due to the constraints of early design, the adaptability potential indicator should be easy and practical to assess, enable the comparison of different design solutions and allow verifying an indicative performance level. After reviewing the literature and consulting designers, it was decided to evaluate the buildings adaptability through two sub-indicators: flexibility provision and adaptability capacity. The flexibility provision aims at evaluating transformation capacity of buildings by rewarding the design strategies that promote it. It consisted of a check-list, being thus a qualitative sub-indicator. On the other hand, the adaptability capacity aimed to quantify the available area to be modified, through a quantitative approach.

By introducing such concerns at the early design stages of a building design, sustainability awareness is raised, designers are supported with useful information and guidelines to set goals early in the design and pursue them throughout the process. Such a tool endows designers with sustainability concepts, improving their knowledge and confidence to contribute to a sustainable built environment.

## 7. REFERENCES

- Andrade, J. (2017). *Early stage design methodology to ensure life cycle sustainability of residential buildings (Doctoral Thesis)*. University of Minho, Faculty of Engineering. Guimarães, Portugal.

- Barbosa, J.A.; Mateus, R.; Bragança, L. (2013) Adaptation of SBTool<sup>PT</sup> to office buildings. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*. 4(1): 89-97.
- Bokalders, V.; Block, M. (2010). *The Whole Building Handbook - How to design healthy, efficient and sustainable buildings*. UK and USA: Earthscan co-published with RIBA Publishing.
- Bragança, L.; Andrade, J.; Mateus, R. (2016) Sustainable Building Quality. In: Hauke, B.; Kuhnhenne, M.; Lawson, M.; Veljkovi, M.; (Ed.) *Sustainable Steel Buildings - A Practical Guide for Structures and Envelopes*: John Wiley & Sons Inc. p. 102-16.
- CEN (2014). *EN 16309:2014 - Sustainability of construction works - Assessment of social performance of buildings - Calculation methods*. Brussels: CEN.
- Conejos, S.; Langston, C.; Smith, J. (2014). *Designing for better building adaptability: A comparison of adaptSTAR and ARP models*. *Habitat International*. 41(0): 85-91.
- Cuperus, Y., (2001) *An Introduction to Open Building*. 9th Annual Conference of the Int. Group for Lean Construction. Singapore: Group for Lean Construction.
- Dekker, K. (1998). *Open Building Systems: a case study*. *Building Research & Information*. 26(5): 311- 8.
- Davico, A. (2013). *Avaliação da flexibilidade dos espaços de habitação: influência das divisórias e mobiliário (Doctoral Thesis)*. University of Minho, Faculty of Architecture. Guimarães, Portugal.
- Durmisevic, E. (2006). *Transformable Building Structures*. Delft: Delft University of Technology.
- Eleb-Vidal, M.; Chatelet, A.-M.; Mandoul, T. (1988). *Penser l'habité - Le Logement en Questions*. Sprimont: Pierre Mardaga
- EU (2008). *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*. EU: Oficial Jornal of the European Union.
- Gosling, J.; Sassi, P.; Naim, M.; Lark, R. (2013) *Adaptable buildings: A systems approach*. *Sustainable Cities and Society*. 7(0): 44-51.
- Gosling, J.; Naim, M.; Sassi, P.; Losif, L.; Lark, R. (2008). *Flexible buildings for an adaptable and sustainable future*. In: 24th Annual ARCOM Conf. Cardiff 2008: Proceedings Association of Researchers in Construction Management.
- Guy, B.; Ciarimboli, N. (2008). *Hamer Center for Community D. DfD. Design for disassembly in the built environment: a guide to closed-loop design and building*. University Park, Penn.: Hamer Center.
- ISO (2011). *ISO 21929-1:2011 - Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings*. Geneva: ISO.
- Kibert, C.J. (2013). *Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kovacic, I.; Zoller, V. (2015). *Building life cycle optimization tools for early design phases*. *Energy*. 92, Part 3: 409-19.
- Maccreanor, G. (1998). *Adaptabilidad*. In Vitoria-Gastreiz (Ed.) *A+T Magazine - Vivenda e Flexibilidade*. Madrid: a + t architecture publishers. p. 40-45.
- Manewa, A.; Pasquire, C.; Gibb, A.; Ross, A.; Siriwardena, M. (2013). *Adaptable Buildings: Striving Towards a Sustainable Future*. In: James, P.; Hudson, C.; Carroll-Bell, S.; Taing, A. (Ed.). *People and the Planet Global Cities Research Institute: RMIT University, Melbourne, Australia*.
- Oliveira, A. (2012). *A Casa Compreensiva: A convivencialidade na concepção arquitectónica das tipologias de habitação em Portugal continental (Doctoral Thesis)*. University of Fernando Pessoa. Porto, Portugal.
- OpenHouse. (2010). *Open House Project. European Community's 7th Framework Programme under Grant Agreement No. 244130*. Available from <<http://www.openhouse-fp7.eu/>>.

- Schmidt, R.; Eguchi, T.; Austin, S.; Gibb, A. (2010). *What is the meaning of Adaptability in the building industry?*. *O&SB* 2010:233.
- Till, J., Schneider, T. (2005). *Flexible housing: the means to the end*. *Architectural Research Quarterly*. 9(3-4): 287-96.
- Tweed, C.; Sutherland, M. (2007). *Built cultural heritage and sustainable urban development*. *Landscape and Urban Planning*. 83(1):62-9.
- Webster, M.D. (2007). *Structural Design for Adaptability and Deconstruction: A Strategy for Closing the Materials Loop and Increasing Building Value*. In: Lyons, R.; (Ed.) *Structures Congress. New Horizons and Better Practices*, Long Beach, California: ASCE.
- Weizsäcker, E.U. von; Lovins, A.B.; Lovins, L.H. (1998) *Factor Four: Doubling Wealth, Halving Resource Use - A Report to the Club of Rome*. UK: Earthscan.
- Živković, M., Jovanović, G. (2012). *A method for evaluating the degree of housing unit flexibility in multi-family housing*. *Architecture and Civil Engineering*. 10(1): 17-32.

## 8. ACKNOWLEDGMENTS

The authors acknowledge the support of the Portuguese Foundation for Science and Technology and POPH/FSE-MCTES for the financial support for this study, through an individual doctoral fellowship (SFRH/BD/76043/201). The authors also acknowledge the support of the European Project BAMB - Building as Materials Banks - funded by the EU Framework Programme for Research and Innovation, Horizon 2020 (grant agreement n. 642384). This research work is also part of the research activities carried out within the framework of the Energy-efficient Urban Communities Network (URBENERE) and the Sustainable, Eco-efficient, Resilient and Inclusive Cities Network (CIRES), supported by the Ibero- American Program of Science and Technology for Development (CYTED).

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

## NOVOS MÉTODOS PARA INTRODUÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO

Joana Andrade ([joana.andrade@civil.uminho.pt](mailto:joana.andrade@civil.uminho.pt)); Catarina Araújo ([cba@civil.uminho.pt](mailto:cba@civil.uminho.pt));  
Maria de Fátima Castro ([info@mfcastro.com](mailto:info@mfcastro.com)); Luís Bragança ([braganca@civil.uminho.pt](mailto:braganca@civil.uminho.pt))

Universidade do Minho, Centro de Território, Ambiente e Construção (EEUM-CTAC)

**Palavras chave:** Fases preliminares de projeto, Desenho integrado de projeto, Universidade do Minho, Centro de Território, Ambiente e Construção (EEUM-CTAC), Investimento, Soluções de construção sustentáveis.

*O conceito de Desenvolvimento Sustentável compreende muitos significados e a sua implementação requer diversas atividades humanas diferentes e complementares, que têm um objetivo mútuo implícito: uma sociedade que pode persistir por muitas gerações com uma visão flexível e integrada que permitirá a manutenção dos sistemas sociais e físicos da qual está intrinsecamente dependente. Neste cenário, a indústria da construção civil pretende desenvolver produtos que cumpram não só os requisitos funcionais, como também os de segurança e durabilidade durante todas as fases do ciclo de vida. Assim, diferentes países têm vindo a desenvolver métodos de Avaliação da Sustentabilidade do Ambiente Construído (Building Sustainability Assessment - BSA), que tentam estabelecer a melhor forma de se avaliar e comparar projetos e práticas de construção. Deste modo, o objetivo deste artigo é apresentar dois métodos de avaliação para a promoção da sustentabilidade de edifícios de habitação em fases iniciais de projeto, inovadores e complementares.*

*A utilização destes dois métodos em conjunto, permite que as equipas comparem alternativas de projeto e verifiquem quais as opções mais sustentáveis e quais as preocupações de sustentabilidade que se encontram vinculadas a todos os critérios, restrições e decisões de projeto. Em paralelo, possibilitam também uma análise de custo-benefício, que compara soluções de construção que consideram a disponibilidade de investimento e a disponibilidade de mercado de todas as partes interessadas. Estas novas abordagens pretendem promover um ambiente construído mais sustentável, permitindo a análise dos projetos desde as suas fases preliminares e possibilitando soluções mais próximas da disposição de investimento das diferentes partes interessadas e da capacidade económica dos utilizadores.*

### 1. INTRODUÇÃO

O setor de construção é um dos maiores consumidores de recursos na União Europeia (UE). Em todo o seu ciclo de vida, desde a extração de materiais, fabrico de produtos de construção, construção, utilização e manutenção, os edifícios na UE são responsáveis por cerca de metade dos materiais extraídos e igual parte no que respeita à utilização de energia, bem como um terço do consumo de água e resíduos gerados. Por outro lado, o setor da construção também tem um impacto significativo no nível social e económico. Estima-se que este setor representa 10% do PIB global e emprega 111 milhões de pessoas (UE, 2016).

No caminho para uma Europa mais eficiente em termos de recursos, os edifícios são destacados como um dos três setores principais a serem abordados. Uma construção mais eficiente e uma utilização mais adequada dos edifícios, poderia ajudar a se atingirem reduções significativas: 42% da utilização final de energia; cerca de 35% do total de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE); 50% dos materiais extraídos; e até 30% de água em algumas regiões (Herczeg *et al.*, 2014).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é assim apresentar dois métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios de habitação com finalidades diferentes, os quais possuem uma capacidade colaborativa entre si capaz de aumentar exponencialmente a importância dos resultados obtidos. Considerando que um possibilita a análise comparativa de opções de desenho e projeto de um edifício na sua fase preliminar de desenvolvimento e outro uma análise custo-benefício que tem em atenção a disponibilidade de investimento e a de mercado, a utilização conjunta dos mesmos permite aumentar a possibilidade de se projetar e construir um edifício efetivamente adequado aos níveis de sustentabilidade atualmente desejados.

Assim, neste artigo é feito um enquadramento ao tema, a apresentação individual de cada um dos métodos e a exemplificação de aplicação prática dos mesmos.

## 3. O SECTOR DA CONSTRUÇÃO E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Desenvolvimento Sustentável é um conceito cuja importância tem crescido significativamente nas últimas décadas. A crise económica global veio reforçar não só a crescente preocupação a nível ambiental, como também aumentar a consciencialização da população relativamente à mudança necessária e inevitável dos valores das suas sociedades. A falta de preocupação das populações neste domínio, especialmente a dos países mais industrializados, encontra-se na base desta crise que cada vez mais se afigura tridimensional (social, ambiental e económica). Neste cenário, destaca-se o positivismo de novas iniciativas que surgem voltadas para a necessidade de mudança de atitude da população mundial.

Atualmente a problemática que expõe as questões ambientais tem sido amplamente divulgada pelos meios de comunicação, chegando a ser muitas vezes manipulada pelos intervenientes no mundo da publicidade com o intuito de atingir outros fins que não os da melhoria da condição ambiental, económica e social do planeta. Desta forma, para que se assista a uma verdadeira viragem na sociedade com o objetivo de uma melhoria ao nível da sustentabilidade, é necessário informar e consciencializar a população (Castro, 2011).

### 3.1. Métodos de avaliação da sustentabilidade do ambiente construído

O principal motivo que originou o aparecimento de iniciativas que promovem a avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, foi o de os países não conseguirem dizer o quão sustentável era efetivamente um edifício. Esta dificuldade demonstrou-se generalizada, mesmo no seio de países e equipas onde este campo de estudo e ação se afigura mais desenvolvido. Neste sentido, vários países têm vindo a trabalhar em sistemas próprios de avaliação da sustentabilidade adaptados à sua realidade, apresentando-os como capazes de orientar o desempenho global do sector da construção. A maioria destes sistemas baseia-se em regras e legislação locais, em tecnologias de construção convencionais, determinando um sistema padrão de pesos para cada conjunto de indicadores, de acordo com os contextos socioculturais, económicos e ambientais que se afiguram diferentes entre realidades (Crawley, 1999).

Entre os sistemas e ferramentas de avaliação atualmente disponíveis no mercado, é possível destacar alguns pela sua maior utilização e reconhecimento: BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method); CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency); DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen); Green Star; HQE (Association pour la Haute Qualité Environnementale); LEED (Leadership in Energy & Environmental Design); NABERS (National Environmental Australian Building Rating System); and SBTool (Sustainable Building Tool).

Este último, SBTool é uma ferramenta internacional, distinguindo-se dos restantes por isso mesmo. Permite classificar o desempenho sustentável de edifícios e projetos, e possibilita a



sua adaptação a diferentes realidades por partes interessadas e devidamente reconhecidas pela Associação iiSBE (Iniciativa Internacional para a Sustentabilidade do Ambiente Construído). Por exemplo, proprietários e gestores de portfólios de grandes edifícios, podem utilizá-lo para expressar de forma mais detalhada os seus requisitos de sustentabilidade, para que sejam mais facilmente entendidos pelas suas equipas. Por outro lado, esta ferramenta afigura-se também com uma vertente educacional, despertando ainda interesse por parte de diferentes estudantes e investigadores ao nível da sua adaptabilidade de uso e flexibilidade no que respeita ao desenvolvimento de benchmarks para uma ampla gama de critérios.

### 3.2. Normas e políticas internacionais

As diferenças entre os critérios considerados pelos diferentes métodos de avaliação, tornam a definição de “Construção Sustentável” subjetiva e difícil de comparar em termos de resultados obtidos em cada um dos métodos. Neste contexto, a Organização Internacional de Normalização (ISO) e o Comité Europeu de Normalização (CEN) têm vindo a desenvolver e publicar normas que pretendem orientar as iniciativas para a avaliação ambiental e de sustentabilidade dos edifícios.

No que diz respeito aos programas e iniciativas de incentivo, é possível destacar o Horizonte 2020, como o maior programa de investigação e inovação da UE de sempre (de 2014 a 2020). Este surge na sequência do estabelecimento, por parte da UE, de metas exigentes a serem alcançadas até 2020, 2030 e 2050: redução de emissões de GEE; utilização de energia renovável; redução da utilização de energia; e existência de uma quota de energias renováveis no sector dos transportes.

Em relação à legislação e regulamentação existentes, têm vindo a ser publicadas normas, diretrizes e regulamentos sobre materiais de construção (ISO/EN 15804), resíduos de construção e demolição (Diretiva 2008/98/EC) e qualidade do ambiente interior (EN 15251). No entanto, relativamente à sustentabilidade da construção, a legislação atual encontra-se ainda bastante centrada na energia, sendo a mais atual a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE relativa ao desempenho energético dos edifícios e a Diretiva 2012/27/UE sobre eficiência energética. O principal objetivo desta é acelerar a renovação rentável dos edifícios existentes, ou seja introduzir sistemas de controlo e automatização dos edifícios como alternativa às inspeções físicas, incentivar a implementação das infraestruturas necessárias para mobilidade eficiente e introduzir um indicador de inteligência para avaliar a preparação tecnológica do edifício. Assim, de entre as principais alterações que se verificam, destacam-se as seguintes (UE, 2018):

- Novas definições, como “sistema de controlo de automação e construção”;
- Implementação, até 2050, de uma estratégia a longo prazo para apoiar a renovação dos parques de edifícios dos EM, transformando-os em parques imobiliários com elevada eficiência energética e descarbonizados;
- Encarregar a CE de agir legalmente através de ações que complementem a presente diretiva através do estabelecimento de um regime comum voluntário, para a classificação do grau de preparação para aplicações inteligentes de edifícios, com a definição de um indicador e de um método de cálculo;
- Estabelecer inspeções periódicas obrigatórias às instalações de aquecimento e ar condicionado com potência nominal útil superior a 70 kW;
- Determinar o consumo de energia primária em kWh/(m<sup>2</sup> ano), como indicador numérico para efeitos de certificação e cumprimento dos requisitos mínimos de eficiência energética.

### 3.3. Práticas sustentáveis de projeto e construção

Apesar de todas estas iniciativas, na maioria dos edifícios ainda não estão presentes práticas sustentáveis ao nível do projeto, construção e até mesmo utilização do edifício, existindo apenas um pequeno número de edifícios certificados por métodos BSA (Mateus, 2011). A razão é principalmente porque: soluções sustentáveis apresentam geralmente custos de investimento mais elevados; existe desinformação acerca dos custos e benefícios das soluções; há uma falta de conscientização pública; existe uma descrença nos benefícios sociais e económicos destas práticas; há falta de apoio/incentivos políticos.

## 4. MÉTODOS PARA A PROMOÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS

Considerando o conceito de Sustentabilidade, defende-se que este deve fazer parte do léxico de todas as partes interessadas no processo de projeto e construção de um edifício desde logo numa fase o mais inicial possível, favorecendo o aumento da probabilidade de sucesso de integração de práticas mais sustentáveis de projeto, construção e utilização do mesmo (Chandramohan, 2012; Son, 2015). Assim, torna-se essencial definir objetivos e estabelecer metas para as quais soluções alternativas de projeto podem ser avaliadas e comparadas. Isto permite a identificação de critérios mensuráveis para auxiliar os projetistas na definição de soluções mais eficientes, com impactos e custos mais reduzidos. Para além disso, se os objetivos não forem facilmente mensuráveis e compreensíveis, poderão ocorrer limitações e ineficácia na sua aplicação (Deru, 2004).

A maioria dos métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios (BSA) existentes, não são aplicáveis durante as fases preliminares de projeto, uma vez que exigem um determinado detalhe e definição de dados que não se encontra disponível, na maioria dos casos, nas fases iniciais (Andrade, 2016). Por sua vez, é necessário ter em consideração a viabilidade económica das soluções de projeto em estudo. Mesmo que uma solução tenha um alto desempenho com baixo impacto ambiental e possa gerar um baixo custo de ciclo de vida, ela não pode ser considerada sustentável nem economicamente viável se as partes interessadas não estiverem dispostas a pagar por ela. Assim, diferentes estudos têm vindo a abordar a viabilidade económica de uma solução versus a disponibilidade das partes interessadas em investir na mesma (Alajmi, 2016; Pal, 2016). No entanto, não existe um método que permita avaliar comparativamente estes dois parâmetros. Tendo tudo isto em consideração, é de suma importância considerar a opinião dos diferentes intervenientes no processo de construção de um edifício num processo de comparação de soluções construtivas, pois este leva à seleção de soluções que melhor se adequam aos seus interesses.

Assim, neste trabalho são apresentados dois novos métodos complementares. O primeiro, apresenta-se como uma ferramenta de suporte ao projeto, que permite que os projetistas definam metas de sustentabilidade desde o início do processo, permitindo a comparação entre soluções convencionais e alternativas. O segundo, consiste num método de análise de custo-benefício, onde a seleção da melhor solução de construção se determina não apenas através da análise de Custo do Ciclo de Vida (LCC), mas também através da análise da disponibilidade/disposição das partes interessadas em investir em práticas mais sustentáveis de projeto e construção.

### 4.1. EasyMode

O método EasyMode (Método de desenho de edifícios sustentáveis para fases preliminares) pretende ser uma ferramenta de auxílio ao projeto preliminar considerando todo o ciclo de vida do edifício. Tem como principal objetivo assistir as equipas de projeto na definição de objetivos de sustentabilidade e na capacidade de os atingir, através de um guia com sugestões, avaliação e comparação do desempenho de soluções alternativas. Esta ferramenta visa também sensibilizar as equipas de projeto de que todos os aspetos e

requisitos de desenho e projeto, e todas as decisões tomadas, têm impacto no que respeita à sustentabilidade.

Desta forma, o Método foi desenvolvido tendo em conta duas abordagens: (i) quantificação e,

(ii) tomada de decisão. A primeira permite medir os potenciais impactes que as várias soluções alternativas têm nos indicadores de sustentabilidade e qual a sua influência para o desempenho sustentável final do edifício. A segunda fornece informação essencial para o processo de tomada de decisão, através da comparação dos desempenhos das várias alternativas de desenho. Ambas as abordagens, contribuem para melhorar a sustentabilidade do ambiente construído e para dotar as equipas de projeto de uma consciência de sustentabilidade.

Adicionalmente, o EasyMode partiu das seguintes premissas: (i) ser simples e fácil de utilizar;

(ii) estar de acordo as recomendações das normas internacionais ISO e CEN; (iii) considerar as três dimensões de sustentabilidade, (iv) permitir a simultaneidade de critérios quantitativos e qualitativos e; (v) fornecer a orientação necessária para a compreensão das implicações que a sustentabilidade tem no projeto (Andrade, 2017). Foi assim necessário rever os métodos de avaliação da sustentabilidade de edifícios (BSA) existentes, as normas internacionais relativas à construção sustentável, bem como literatura relevante em cada um dos indicadores. Foi também realizado um inquérito para compreender os pontos de vista das equipas de projeto. Dos resultados destas análises resultou a matriz de sustentabilidade e a incluir no método de tomada de decisão. Esta matriz organiza-se numa árvore de decisão com a seguinte estrutura:

- Materiais e recursos – abarca o impacto ambiental de ciclo de vida dos materiais de construção e a eficiência e uso de recursos;
- Bem-estar – considera aspetos para a saúde e conforto dos utilizadores do edifício e a funcionalidade do mesmo;
- Custos de ciclo de vida – inclui os custos de investimento, manutenção e fim de vida;
- Localização – abrange as condições sociais e ambientais do local;
- Gestão e técnica – considera aspetos de gestão e manutenção de projeto.

Estas categorias encontram-se divididas em dezanove indicadores e trinta e cinco sub-indicadores. As equipas de projeto podem selecionar quais os indicadores a avaliar e em que ordem. Ao contrário de outros métodos BSA, o EasyMode não pondera nem agrega os resultados num valor único. Os resultados são apresentados ao nível de cada indicador, como os pontos-intermédios de uma Análise do Ciclo de Vida (LCA). Deste modo, a Figura 1 apresenta a estrutura do método. Primeiro é possível definir os objetivos a cumprir em cada indicador e, de seguida, o desempenho das várias soluções ao nível de cada indicador pode ser estimado ou podem ser obtidas indicações de como atingir os objetivos traçados. A comparação das alternativas de desenho permite verificar qual a solução com melhor desempenho.

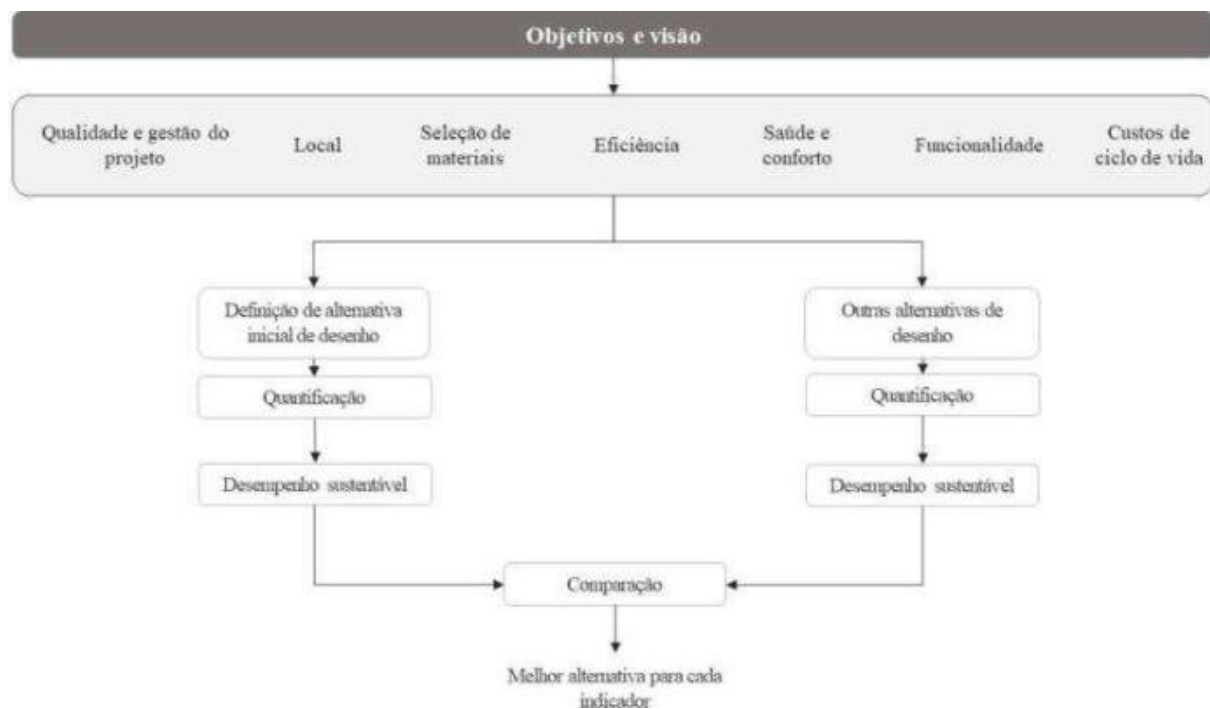


Figura 1. Estrutura do EasyMode (Andrade, 2017)

#### 4.2. Método CBA

O Método CBA (Análise de Custo-Benefício) visa comparar o desempenho ao nível da sustentabilidade e os custos de soluções de construção. O Método recorre a uma abordagem visual por representação gráfica bidimensional (Figura 2), onde o eixo horizontal representa o Nível de Sustentabilidade (NS), o eixo vertical o LCC e o ponto representa a solução em estudo. A solução mais barata surge na parte inferior do gráfico, enquanto soluções com melhor desempenho de sustentabilidade aparecem na parte superior.

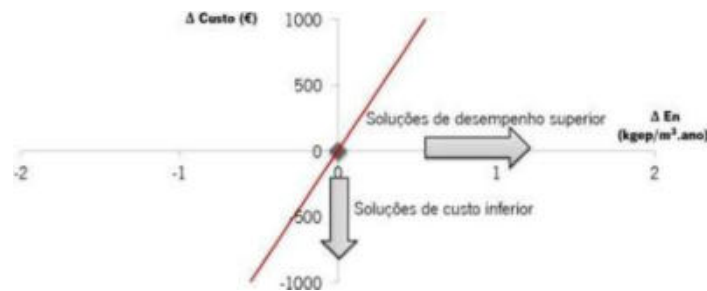


Figura 2. Representação gráfica do método CBA (Araújo, 2016).

A Equação 1 apresenta o método de cálculo do LCC de um edifício de acordo com o Regulamento Delegado (UE) n.º 244/2012 da Comissão, de 16 de janeiro de 2012 (EU, 2012).

$$C_g(\tau) = C_i + \sum_j \left[ \sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i(j)} \times R_d(i) - V_{f,\tau}(j)) \right] \quad (1)$$

Onde:

- T: Período
- $C_g(T)$ : Custo global no período de cálculo
- $C_i$ : Custo de investimento inicial para a medida j
- $C_{a,i}(j)$ : Custo anual durante o ano i para a medida j
- $R_d(i)$ : fator de desconto para o ano i
- $V_{f,T}(j)$ : Valor residual para a medida j no final do período de cálculo

Neste Método, a avaliação de sustentabilidade é realizada pela avaliação de sete indicadores-chave. Estes foram definidos após a análise de vários métodos BSA europeus, projetos europeus e normas ISO e CEN. Foram escolhidos os seguintes indicadores: consumo de energia, consumo de água, impacto ambiental do ciclo de vida dos materiais de construção, conforto térmico, conforto acústico, iluminação e qualidade do ar interior. Cada solução de desenho é depois analisada numa perspetiva de LCC. No final, a avaliação global da solução é obtida através de uma análise multicritério.

Este Método considera aspetos relevantes ao comparar soluções. Quando uma solução é mais barata e tem melhor desempenho que outras é fácil concluir-se que esta é melhor que as demais (no gráfico aparecerá no canto inferior direito do quarto quadrante). No entanto, quando se comparam soluções em que uma é mais dispendiosa, mas possui melhor desempenho, conclusões como a anterior podem não ser tão óbvias. Assim, é necessário considerar-se também o valor económico que o tomador de decisão está disposto a investir numa solução de alto ou baixo desempenho. Este método de comparação é crucial para responder à questão: “Até que ponto está alguém disposto a investir/pagar uma medida de melhoria do desempenho da sustentabilidade num edifício?”

Matematicamente, isto corresponde a optar pela melhor relação custo-benefício para um determinado orçamento. Na Figura 2, a linha vermelha representa esta relação. Esta relação pode variar de pessoa para pessoa. Assim, para a definir é necessário analisar a disponibilidade de investimento do decisor, de forma a adaptar a linha a cada caso. Isto permitirá não só comparar soluções, mas também selecionar aquela que melhor se adapta a cada indivíduo, uma vez que a disponibilidade de investimento pode variar consoante o nível de sustentabilidade. Assim, a linha pode adotar uma forma linear ou não-linear.

## 5. EXEMPLO DE APLICAÇÃO PRÁTICA

Para o exemplo prático considerou-se um edifício unifamiliar português típico, com dois quartos, 110 m<sup>2</sup> de área construída e hipoteticamente localizado em Lisboa a 71 m de altitude (Figura 3). O objetivo do estudo é identificar qual a melhor solução para a melhoria da eficiência energética através de uma análise comparativa.

As soluções construtivas estudadas foram definidas tendo em conta as soluções construtivas mais utilizadas em Portugal entre os anos 1960 e 1990:

- i. Parede exterior - alvenaria de pedra simples de 22 cm e reboco de 2 cm em ambos os lados ( $U = 1,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- ii. Laje de piso - laje aligeirada ( $U = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- iii. Cobertura - inclinada com laje aligeirada ( $U = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- iv. Piso térreo - laje de betão com revestimento cerâmico ( $U = 1,7 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ );
- v. Envidraçados - vidro simples de 6 mm e caixilharia de madeira ( $U = 4,1 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Para o exemplo, considerou-se que o edifício possuía um sistema móvel de Ar-Condicionado (AC) para aquecimento e arrefecimento do ar interior (COP = 1; SREE = 3,5) com ventilação natural. Para a análise das necessidades energéticas consideraram-se as temperaturas de conforto recomendadas pela legislação Portuguesa, ou seja 18°C para a estação de aquecimento e 25°C para a de arrefecimento. A ventilação foi avaliada por simulação dinâmica com recurso ao módulo *AirFlowNetwork* do programa informático *EnergyPlus*. Considerou-se ainda que o edifício seria ocupado por três pessoas das 19h às 8h em dias úteis e todo o dia ao fim-de-semana.



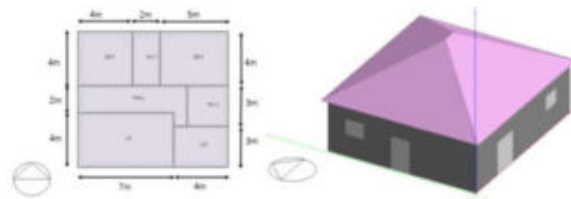


Figura 3. Esquema do edifício caso de estudo

### 5.1. Cenários de reabilitação

Para o exercício, foram analisados três cenários de reabilitação. O primeiro tem apenas em conta medidas passivas. No segundo, além das medidas passivas definiram-se sistemas mais eficientes. Por fim, o terceiro cenário consiste nas medidas do Cenário 2 combinadas com uma bomba de calor. Os cenários de reabilitação são então:

1. Aplicação de 8 cm de isolamento térmico nas paredes exteriores ( $U = 0,32 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), 12 cm de isolamento pelo exterior na cobertura ( $U = 0,27 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e substituição dos vãos envidraçados por caixilharia de alumínio com vidro duplo ( $U = 2,8 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ );
2. Medidas passivas do Cenário 1, mais substituição do equipamento de climatização por um sistema de AC para aquecimento e arrefecimento ( $\text{COP}=4,12$ ;  $\text{SREE}=8,53$ ), e instalação de uma caldeira de condensação a gás para preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) ( $\text{COP} = 0,881$ );
3. Medidas do Cenário 2 com a adição de um kit fotovoltaico para autoconsumo com uma produção de 1500 kWh ( $\text{Eren} = 2290 \text{ kWh}\cdot\text{ano}$ , onde Eren corresponde à produção de energia pelo sistema fotovoltaico ao longo de um ano. Os painéis foram testados com orientação a Sul e uma inclinação  $35^\circ$ ).

### 5.2. Resultados obtidos

Considerando os dados anteriormente definidos, de seguida são apresentados os resultados tendo em consideração indicadores de análise específicos, utilizados a título de exemplo para exemplificação destes Métodos. Assim, a Figura 4 apresenta a utilização de energia para cada um dos cenários apresentados.

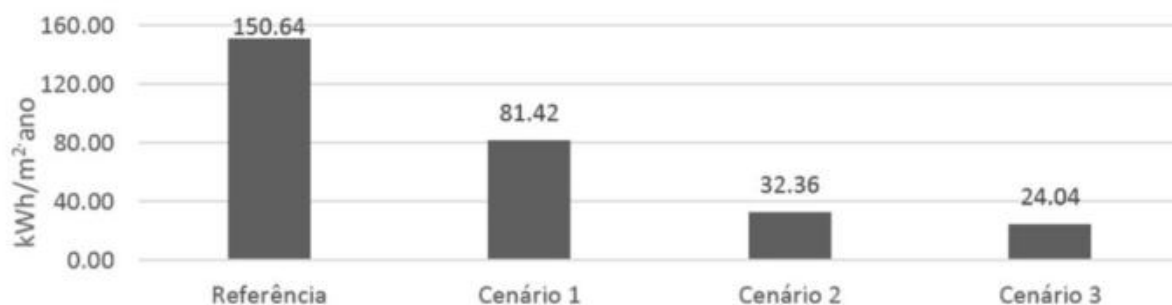


Figura 4. Utilização de energia em cada cenário de reabilitação (kWh/m²·ano)

Considerando o indicador I5 (Eficiência Energética) do EsyMode, é possível estimar as necessidades de energia primária do edifício. Resumidamente, o indicador estima as necessidades de energia segundo a norma ISO 13790 para o cálculo das necessidades de aquecimento e arrefecimento e segundo a norma EN 15316-3-1 para o cálculo das necessidades energéticas para preparação de AQS (Águas Quentes Sanitárias). O modelo requer a introdução das soluções construtivas da envolvente do edifício – materiais e espessura para cada elemento construtivo – e os sistemas de aquecimento, arrefecimento e preparação de AQS – tipo de sistema. Após a introdução dos dados, a ferramenta apresenta os resultados do cálculo através das necessidades energéticas do edifício. Se necessário, podem ser adicionadas e testadas soluções alternativas, sendo os seus desempenhos comparados. Desta forma, verificou-se que a simples adoção de medidas passivas leva a um

decrécimo de 69 kWh/m<sup>2</sup>·ano no consumo anual de energia. Estas medidas passivas combinadas com sistemas mais eficientes, mesmo que convencionais, permitem uma redução da utilização na ordem dos 118 kWh/m<sup>2</sup>·ano. A adoção de uma caldeira, que é normalmente mais eficiente, mas também mais cara, permitiu obter uma diminuição da utilização de energia em 127 kWh/m<sup>2</sup>·ano.

Através do Método CBA, foi possível construir a A Tabela 1, a qual apresenta a análise económica.

Tabela 1. Análise económica – Método CBA

Cenário	Custo inicial (€)	Custo de operação (€)	Custo de ciclo de vida (€)	Poupança anual (€/ano)	Tempo de retorno (ano)
Referência	0,00	33 635,00	33 635,00	0,00	0
1	11 457,00	21 465,00	32 922,00	406,00	28
2	14 791,00	14 559,00	29 350,00	636,00	23
3	18 125,00	10 655,00	28 780,00	766,00	24

Através desta análise, verificou-se que o tempo de retorno é elevado em todos os cenários, sendo, no entanto, o Cenário 2 aquele que apresenta melhor resultado. Verificou-se ainda que o tempo de retorno entre o Cenário que considera apenas medidas passivas e aqueles que incluem também sistemas de maior eficiência energética é equivalente. O custo inicial tem uma influência muito significativa na análise económica das medidas de reabilitação energética de edifícios residenciais. Mesmo em cenários com poupanças anuais relevantes, os custos iniciais tornam o retorno do investimento apenas disponível nos últimos anos do ciclo de vida do edifício.

## 6. DICUSSÃO E CONCLUSÃO

O Método EasyMode veio preencher a lacuna que existia ao nível das ferramentas BSA, uma vez que permite que os conceitos de sustentabilidade sejam considerados e avaliados desde o início do projeto. Este método auxilia a tomada de decisão, através da comparação do desempenho de soluções de desenho alternativas ao nível de cada indicador e sub-indicador. A ferramenta permite assim, que as decisões que afetam a sustentabilidade do edifício sejam tomadas conscientemente. Atuar tão cedo no projeto, permite não só aumentar as possibilidades para promover o desempenho sustentável, como também ajuda a reduzir possíveis custos associados.

Por sua vez, a combinação deste com o Método CBA permite auxiliar as partes interessadas na comparação simples de soluções construtivas e na compreensão dos benefícios do investimento e aposta nestas. Adicionalmente, proove a estimulação ao investimento em soluções de alto desempenho, mesmo que com custos mais elevados, uma vez que os benefícios e a poupança ao longo do ciclo de vida são facilmente compreendidos. Este Método permite também identificar medidas com baixo investimento, mas com elevado desempenho. Este facto é bastante importante para informar decisores políticos sobre medidas e aspetos necessários para desenvolver programas de financiamento para a promoção da sustentabilidade.

Assim, as cidades podem e devem ser um campo aberto para as diretrizes sustentáveis de projeto e construção, já que a sua complexidade de escala se torna um impacto (positivo ou negativo) sobre o meio ambiente, tão profundo quanto sua dimensão. Por seu lado, os Métodos de avaliação em constante aparecimento e desenvolvimento desempenham um papel fundamental no sucesso desta intenção, sendo que o uso complementar entre

ferramentas específicas para análise de determinados parâmetros potencia o sucesso de implementação das mesmas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alajmi, A.; Abou-Ziyan, H.; Ghoneim, A. (2016). *Achieving annual and monthly net-zero energy of existing building in hot climate*. *AE*. 165: 511-21.
- Andrade, J. (2017) *Early stage design methodology to ensure life cycle sustainability of residential buildings*. Tese de Doutoramento (Engenharia Civil). EEUM. Guimarães, Portugal.
- Andrade, J.; Bragança, L. (2016). *Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies*. *Civil Engineering and Environmental Systems*. 33(2): 125-46.
- Araújo, C. et al. (2016). *Cost-benefit analysis method for building solutions*. *AE*. 173. 124-133.
- Castro, M.F. (2011). *Edifícios Hospitalares: práticas sustentáveis de projeto*. Dissertação de Mestrado (Engenharia Civil). EEUM. Guimarães, Portugal.
- Chandramohan, A.; Narayanan, S.L.; Gaurav, A.; Krishna, N. (2012). *Cost and time overrun analysis for green construction projects*. *International Journal of Green Economics*. 6(2):167-77.
- Crawley, D.; Aho, I. (1999). *Building environmental assessment methods: applications and development trends*. *BRI*. 27(4): 300-8.
- Deru, M.; Torcellini, P. (2004). *Improving Sustainability of Buildings Through a Performance-Based Design Approach*. *World Renewable Energy Congress VIII and Expo: Denver*.
- EU. (2018) *Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018*. *Stat. Official Journal of the E*.
- EU. *European Commission - Environment - Sustainable buildings*. (2016). Disponível em:  
- <<http://ec.europa.eu/environment/eusssd/buildings.htm>>.
- EU. (2012). *Commission Delegated Regulation (EU) N° 244/2012 of the European Parliament and of the Council of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU*. *Stat. Official Journal of the EU*.
- Herczeg, M. et al. (2014). *Resource efficiency in the building sector*. Roterdão: CR Institute.
- Mateus, R.; Bragança, L. (2011). *Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBTToolPT-H*. *Building and Environment*. 46(10): 1962-71.
- Pal, S.K.; Alanne, K.; Jokisalo, J.; Siren, K. (2016). *Energy performance and economic viability of advanced window technologies for a new Finnish townhouse concept*. *Applied Energy*. 162: 11-20.
- Son, H.; Kim, C. (2015). *Early prediction of the performance of green building projects using pre-project planning variables: data mining approaches*. *Journal of Cleaner Production*. 109: 144-51.

## 8. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da FCT e programa POPH/FSE-MCTES (SFRH/BD/76043/2011 e SFRH/BD/112703/2015), assim como o apoio do Projeto Europeu Building as Materials Banks, financiado pelo Programa Quadro de Investigação e Inovação da eu Horizonte 2020 (nº. 642384). Por último à Rede de Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes (URBENERE) e à Rede Cidades Inclusivas, Resilientes, Eficientes e Sustentáveis (CIRES), apoiadas pelo Programa CYTED.

[VOLVER AL ÍNDICE](#)

# O POTENCIAL DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DA HABITAÇÃO POPULAR: O CASO DO EDIFÍCIO HAB 2 NO RIO DE JANEIRO, BRASIL

*Henriette da Silva Perbeils (henriperbeils@hotmail.com); Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos (leopoldobastos@gmail.com)*

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (UFRJ-FAU), Programa de Pós-Graduação em Arquitetura (PROARQ) - Brazil  
Universidade Vila Velha, Mestrado em Arquitetura e Cidade (UVV) - Brazil

**Palavras chaves:** Sustentabilidade, Habitação Popular, Certificação Ambiental

*A tendência de incorporação dos princípios da sustentabilidade nas edificações tem sido confirmada pela criação e difusão das certificações energético-ambientais para os empreendimentos da construção civil. Algumas destas certificações encontram-se voltadas para a habitação popular, a fim de proporcionar melhores condições no ambiente construído. Nesta perspectiva, este artigo apresenta o estudo de caso do conjunto edifício HAB 2 situado no Morro da Babilônia, uma comunidade carente, na cidade do Rio de Janeiro (Brasil). Esta obra foi resultado do programa municipal intitulado Morar Carioca Verde. O edifício conquistou o Selo Casa Azul em nível ouro, sendo o primeiro empreendimento de habitação popular da cidade a obter uma certificação socioambiental. Como objetivo procura-se fazer uma análise sobre as diretrizes sustentáveis de projeto e execução implementadas no edifício, bem como comentários sobre os critérios alcançados pelo HAB 2 no Selo Casa Azul. Também, são apresentadas as ações tomadas para a gestão de ocupação do edifício, tendo em consideração a adaptação dos moradores ao inédito contexto de edificação sustentável. Por último, são indicadas as principais ações sustentáveis instauradas na comunidade pelo programa Morar Carioca Verde, e também sobre as iniciativas sustentáveis adotadas pelos moradores após a vigência do programa. Os resultados apontam que a implementação da edificação sustentável multifamiliar e de baixa renda, além das ações realizadas pelo Programa Morar Carioca Verde influenciaram positivamente os moradores e a comunidade, no sentido de proporcionar uma conscientização mais eficaz da necessidade de preservar o ambiente, aproveitar os recursos naturais, além de disseminar a sustentabilidade em áreas mais carentes da cidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Habitação popular no Rio de Janeiro: Formação das favelas

No Brasil, a origem da habitação popular está atrelada a transformações econômicas e sociopolíticas históricas que ocorreram principalmente no século XIX, como a abolição da escravidão em 1888 e o decorrente trabalho livre assalariado. Já em meados do século XX, houve uma expansão da industrialização no país, tendo como marco a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1941, principal produtora de aço e derivados. Durante o período de apenas 20 anos (de 1920 até 1940) a taxa de urbanização brasileira triplicou, chegando a 31,24% (SANTOS, 2009).

Assim a relação trabalho-moradia modificou-se completamente. Antes a casa era provida pelo patrão, que mantinha seus empregados no próprio local de trabalho ou perto dele. (Vaz 2002). No Rio de Janeiro, surgiram as vilas operárias, construídas pelas indústrias e fábricas com objetivo de garantir a proximidade dos trabalhadores ao local de trabalho. Nessa época também surgiram os cortiços, cômodos de aluguel que se popularizaram, como opção de rendimentos para proprietários que criavam habitações coletivas populares nos fundos de

seus terrenos. (CARVALHO, 2008). Posteriormente, a busca por moradia converteu-se em necessidade para o trabalhador. O lento processo de construção de novas habitações e o rápido crescimento demográfico da população levou a um desequilíbrio, que culminou no crescimento acelerado e adensamento urbano desordenado nas principais cidades brasileiras.

A ocupação urbana logo atingiu áreas de encostas dos morros. As primeiras casas construídas nessas áreas desencadearam as atuais favelas (ou comunidades) cariocas, que surgiram por volta de 1865 (Abreu e Vaz, 1993). A partir do início do século XX, as habitações das favelas se destacavam pelo caráter precário das construções, pela falta de saneamento básico e baixa qualidade de vida. A princípio, as políticas públicas voltadas para essas comunidades eram de demolição das casas e remoção dos moradores, transferindo-os para as regiões de subúrbio da cidade. Contudo, o adensamento urbano apresentou crescimento tão vertiginoso, que não era mais possível retirar grande quantidade de pessoas das favelas, principalmente das situadas nas encostas dos morros da zona sul e centro. A política de remoção do estado, portanto, não era mais eficaz.

Aos poucos, as áreas de favelas foram aceitas e reconhecidas pela prefeitura da cidade. As primeiras obras de infra-estrutura básica realizadas nas comunidades do Rio de Janeiro datam no ano de 1979, oferecendo assistência técnica social e materiais construtivos aos moradores que em contrapartida ofereciam seu trabalho nas obras de arruamento, pavimentação e construção. (CARVALHO, 2008). Em 1992, o plano diretor decenal da cidade adicionou diretrizes de atuação nas favelas, visando urbanizá-las, ratificando a adoção da nova política. Ainda nesse contexto, o programa Favela Bairro foi lançado em 1994, com o objetivo de urbanizar as favelas já consolidadas na cidade, idealizado pelo arquiteto Luiz Paulo Conde. O programa tornou-se referência mundial, sendo reconhecido pela ONU (Organização das Nações Unidas), no ano 2000 como um exemplo a ser seguido por outros países em desenvolvimento, no Relatório Mundial das Cidades, nos anos de 2006 e 2007.

No período de 1994 até 2007 o programa contabilizou 102 favelas urbanizadas, concessões de títulos de posse aos moradores de áreas localizadas em encostas de morros, bem como construção de creches e escolas na cidade. No ano de 2010, o Favela Bairro foi reformulado e substituído por um programa análogo, intitulado Morar carioca, com intuito similar de urbanizar todas as favelas e integrá-las a cidade. As principais diretrizes do projeto incluíam pavimentação de ruas, construção de redes de esgoto e drenagem, além de iluminação pública. O programa beneficiou cerca de 500 mil moradores. Entretanto, em 2017 o Morar carioca foi interrompido, e atualmente a municipalidade cogita retomar ao programa Favela Bairro.

Atualmente o Rio de Janeiro possui aproximadamente 703 favelas, de acordo com dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), representando a cidade com maior número de pessoas morando em comunidades do país, ou seja, quase 22% da população carioca vive em áreas de favela, o equivalente a 6.323.037 pessoas.

## **1.2. Morro da Babilônia; Programa Morar Carioca Verde; Edifício HAB 2**

A comunidade do morro da Babilônia localiza-se próximo a áreas nobres da cidade do Rio de Janeiro, inserida no bairro do Leme, próximo a Copacabana, na zona sul. Os primeiros registros de ocupação do Morro datam de 1915 e em 1934 já era possível visualizar uma favela consolidada e bem delimitada nas áreas de encostas do morro.

Segundo o Sistema de Assentamentos de Baixa Renda (SABREN) desenvolvido pelo Instituto Pereira Passos (IPP) do Rio de Janeiro, que agrega dados colhidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a comunidade do Morro da Babilônia tinha em 2010 uma população de 2451 habitantes vivendo em 777 domicílios. A partir de 1997, as pequenas comunidades (com menos de 2500 domicílios) foram contempladas pelo município com programas sociais de urbanização específicos seguindo o modelo do



programa Favela Bairro. O objetivo principal era a integração das favelas a “cidade formal”, por meio de obras de infra-estrutura urbana, equipamentos, serviços públicos e habitações financiadas pelo município, prefeitura e parcerias. Em 1998, o Morro da Babilônia foi contemplado com o programa Bairrinho, por se encaixar no perfil e recebeu obras de urbanização, voltadas principalmente para a abertura e alargamento vias. Mais adiante, em 2010 iniciou-se o programa Morar Carioca, visando fortalecer as obras de intervenção nas favelas. Desse modo, novas obras de urbanização foram realizadas em diversas comunidades cariocas.

Simultaneamente ao programa Morar Carioca, a prefeitura também lançou o programa Morar Carioca Verde, que seria um protótipo de projeto adotado em algumas comunidades selecionadas. O objetivo era de adicionar diretrizes sustentáveis nas obras de urbanização que eram realizadas pelo programa Morar carioca. O Morro da Babilônia foi uma das favelas selecionadas para participar do programa Morar carioca Verde, com viés sustentável. Essa iniciativa da prefeitura foi uma maneira de integrar e incentivar a participação de moradores das favelas no evento da Conferência das Nações Unidas sobre desenvolvimento sustentável, RIO + 20, realizada em junho de 2012 na cidade do Rio de Janeiro. As principais diretrizes do programa Morar Carioca Verde foram:

- Implementar a iluminação pública com lâmpadas LED;
- Adição de material reciclado proveniente da trituração de pneus nas coberturas asfálticas;
- Implementar a coleta de lixo seletiva nas comunidades;
- Promover a utilização de energia solar nas comunidades;
- Promover a reutilização da água da chuva nas novas habitações construídas;
- Conscientizar os moradores da importância de ações sustentáveis para o meio ambiente, economia e sociedade;
- Construção de unidades habitacionais sustentáveis.

Na comunidade da Babilônia, o programa previu a construção de três empreendimentos destinados à habitação popular: edifício HAB 1 (não construído), e os edifícios HAB 2 e HAB 3 (construídos em 2011). O prédio HAB 2 teve sua construção financiada pela Caixa Econômica Federal (CEF) e ganhou a certificação socioambiental Selo Casa Azul em nível ouro. Foi o primeiro empreendimento voltado para habitação popular a conquistar uma certificação ambiental na cidade do Rio de Janeiro. As famílias que moram atualmente no edifício foram as que perderam suas casas, durante as obras de urbanização, com a criação e alargamento de vias da favela. Essas famílias foram reassentadas e agora vivem neste novo contexto de edificação sustentável e certificada, dentro da comunidade. No presente artigo, considera-se para estudo de caso o edifício HAB 2.

### **1.3. O Selo Casa Azul: Certificação Socioambiental**

A certificação foi criada em 2010 pelo banco brasileiro da Caixa Econômica Federal (CEF), visando reconhecer projetos habitacionais que colaboram com a redução de impactos ambientais. Também “busca reconhecer os empreendimentos que utilizam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação de seu entorno” (CASTRO FILHO, 2013). O selo é uma certificação com viés socioambiental voluntária e pode ser requerido por construtoras, incorporadoras, poder público, empresas públicas de habitação dentre outras.

A certificação foi desenvolvida em conjunto com uma equipe técnica da CEF, Escola Politécnica de São Paulo (POLI USP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o método de avaliação para a concessão do selo consiste no cumprimento de critérios determinados no manual intitulado “Guia de Sustentabilidade Ambiental – Selo Azul – Boas práticas para a construção sustentável”

(CAIXA 2010). A avaliação da construção conta no total com 53 critérios a serem alcançados, dispostos em 6 categorias: Qualidade Urbana; Projeto e Conforto; Eficiência Energética; Conservação de Recursos Materiais; Gestão da Água e Práticas Sociais. De acordo com os critérios atingidos, a edificação pode conquistar o nível ouro, prata ou bronze.

O manual do selo, “Guia de Sustentabilidade Ambiental – Selo Azul” é constituído de duas partes: A primeira reúne uma série de dados sobre o impacto ambiental que o setor da construção civil gera no meio ambiente, com destaque na necessidade de implantar diretrizes sustentáveis no processo construtivo. Logo após, os critérios e procedimentos de avaliação do Selo são definidos e explicados. Ademais, o guia inclui o conceito de agenda do empreendimento que consiste em um relatório na forma de:

*“Documento que tem por objetivo identificar os aspectos socioambientais relevantes para o empreendimento em questão, servindo de orientação para selecionar ações a serem adotadas, considerando-se os recursos disponíveis e as características dos usuários” (JOHN et al., 2010).*

O Guia considera ainda que “O grau de sustentabilidade socioambiental do empreendimento vai depender da qualidade do processo de formulação da agenda” (JOHN et al., 2010). A segunda parte do guia de sustentabilidade, contém capítulos, cada um referente a uma das 6 categorias, onde apresentam-se os princípios e critérios a serem atingidos pela edificação requerente. Para a finalização da concessão do Selo é necessário a entrega de documentos relativos a edificação. Segundo John et al. (2010), a verificação dos critérios será atribuída mediante análise de projeto, assim como o nível alcançado pelo empreendimento, com base nos critérios alcançados.

## 2. OBJETIVOS

- Analisar as diretrizes sustentáveis de projeto utilizadas na concepção do edifício HAB 2, bem como na execução da obra;
- Análise dos critérios alcançados pelo edifício na certificação Selo Casa Azul;
- Identificar e analisar a gestão pós-ocupação do edifício, após a entrega das unidades habitacionais aos moradores;
- Detectar ações sustentáveis desenvolvidas na comunidade provenientes não só do programa Morar Carioca Verde como também da iniciativa dos moradores.

## 3. METODOLOGIA

A adoção do edifício HAB 2 como estudo de caso justifica-se por ser um dos resultados do programa Morar Carioca Verde, implementado na comunidade do Morro da Babilônia, pela prefeitura da cidade, no ano de 2010. O HAB 2 recebeu a certificação Selo Casa Azul em nível ouro, sendo o primeiro empreendimento da cidade voltado para habitação de interesse social a ganhar uma certificação ambiental. Para analisar as principais diretrizes aplicadas na concepção e execução do projeto, utilizam-se fotos e desenhos que comprovam a escolha de estratégias bioclimáticas na composição do projeto arquitetônico. Logo a seguir, analisam-se os critérios do Selo Casa Azul alcançados pela edificação, sistematizando-se os dados em forma de tabelas e gráficos. Posteriormente, faz-se um levantamento relativo às questões de gestão pós-ocupação do edifício, registradas no relatório do empreendimento, buscando-se analisar os assuntos abordados e orientações dadas aos moradores após a entrega das chaves, no sentido de assisti-los a lidar com esse novo contexto de edifício sustentável. Por fim, são apresentadas ações sustentáveis no morro da Babilônia desenvolvidas e financiadas durante o programa Morar Carioca Verde, que perduram até hoje, além das “iniciativas verdes” destacando ações sustentáveis implantadas

na comunidade pela organização e atividade dos próprios moradores, após o término do programa.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Concepção e execução do edifício HAB 2

A concepção arquitetônica do edifício incorporou estratégias bioclimáticas para melhor aproveitamento das condicionantes climáticas e topográficas locais. Também buscou contemplar requisitos das categorias de “Projeto e conforto” “Qualidade urbana” “Eficiência energética” “Gestão da água” “Práticas Sociais” e “Conservação de Recursos Materiais” da certificação, e que serão tratadas mais adiante.

O terreno disponibilizado para a implantação do edifício se situa numa área de encosta bastante íngreme. Na cota mais baixa do terreno, o acesso se dá pela Rua Ladeira Ary Barroso e na cota superior, o acesso é dado pela Rua do Rosário. A implantação do edifício respeita 100% o declive do terreno, que possui solo rochoso, não houve nenhum movimento de terra para terraplanagem. Uma das diretrizes de projeto foi a criação de uma passagem de pedestres que servisse como conexão entre as ruas da Ladeira Ary Barroso e do Rosário, sendo assim, a configuração do edifício no terreno contempla 4 blocos, agrupados dois-a-dois. Entre o espaço dos blocos, criou-se a passagem pública de interligação entre as duas ruas no nível da rocha. Logo acima, está a circulação horizontal e vertical do edifício restrita aos moradores, e que se dá por meio de corredores em balanço ligados as escadas. Na figura 1 (a), logo abaixo, observa-se a localização (vista superior) e a evolução da implantação do edifício em 1 (b),(c). Nota-se o terreno íngreme e rochoso, o primeiro pavimento do edifício erguido sobre pilotis, em blocos afastados, conectados apenas pela circulação privada. Os espaços projetados para ligação das duas vias estão destacados na cor rosa. Uma mostra da circulação privada do edifício aparece marcada na cor azul. O HAB 2 possui 16 unidades habitacionais, com plantas semelhantes, todas estas unidades têm dois quartos, sala, banheiro, cozinha, e área de serviço, além de espaço de circulação. Os apartamentos têm área total variando de 44,22 m<sup>2</sup> a 44,60 m<sup>2</sup>. Não há áreas coletivas destinadas aos moradores. A passagem criada entre as duas ruas é estrategicamente pública.



Figura 1. (a) Localização; (b), (c) concepção do conjunto edifício HAB2

Fonte: Arquitraço, 2018

Em termos de insolação, o projeto arquitetônico tira proveito da própria topografia do local. As fachadas voltadas para noroeste, que ficam mais expostas à incidência solar no período da tarde são sombreadas pelo topo do morro, este tem cota máxima de 115 m, como ilustra a figura 2 (a). O edifício HAB 2 está na cota 65, abaixo 50 m do topo do morro. As fachadas do bloco B do edifício orientadas a noroeste são sombreadas pela topografia do local, no período da tarde. Dessa forma, também uma fachada do bloco A ficará sombreada pelo bloco B. Ainda na figura 2 (a), pode-se observar a localização do edifício e a sua posição na encosta, que é orientada a sul. Assim, fica evidente que houve a consideração da topografia como forma de atenuar a incidência solar nas fachadas mais desfavoráveis.

Quanto à ventilação natural, observa-se que o bloco A é o mais privilegiado, já que tem fachadas voltadas para sudeste, mesma orientação dos ventos dominantes. Quando analisado em corte, observa-se que o edifício apresenta uma permeabilidade aos ventos, como demonstra o corte esquemático na figura 2 (b). O distanciamento entre as fachadas dos blocos favorece também uma exaustão ascendente para as correntes de ar que atravessaram os diversos andares.

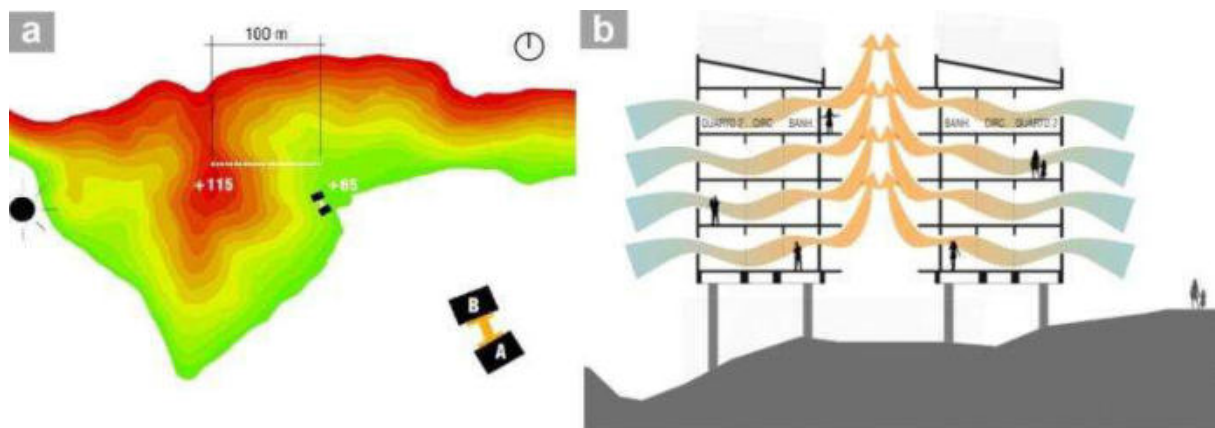


Figura 2. (a) Topografia do entorno; (b) corte esquemático de fluxo dos ventos no edifício HAB2  
Fonte: Arquitraço, 2018.

Nas unidades habitacionais, a ventilação cruzada ocorre através das aberturas de entrada a barlavento localizadas na sala, passa pelo interior do apartamento e flui pelas aberturas de saída a sotavento localizadas no banheiro. Desse modo, o edifício aproveita os ventos, com intuito de proporcionar conforto térmico aos moradores e reduzir o consumo de eletricidade para fins de condicionamento térmico. Os tipos de fenestração empregados foram: janela tipo Maxim'ar dupla (na sala), cobogós (na área de serviço), Janela tipo bascula (no banheiro) e janela tipo de correr, com trilhos para venezianas sobrepostos a fachada, que possibilitam quase 100% de abertura do vão, e proporcionam melhor admissão dos ventos e da luz natural. Na figura 3 (a), é possível verificar algumas janelas das salas e dos quartos com abertura quase total.

O edifício tem aquecimento solar da água (apenas para os chuveiros), através de boiler e placas coletoras, conforme ilustra a figura 3 (b), localizadas na cobertura de cada bloco. O prédio conta também com medição individualizada de gás e captação com reaproveitamento da água da chuva para uso em atividades de rega e limpeza.

Em 2011, durante a execução da obra, evitou-se ao máximo o uso de madeira, apenas restrita às portas internas dos apartamentos. As escoras e formas adotadas para compor a estrutura de cimbramento foram metálicas, como mostra ainda a figura 3 (c). Pois, as formas metálicas podem ser utilizadas posteriormente. Houve assim uma redução da geração de resíduos no canteiro de obras, com um menor impacto ambiental na comunidade. O sistema construtivo adotado de *steel-framing* permitiu a modulação do projeto, e possibilitou a produtividade no canteiro de obras, uma execução mais rápida e reduziu a perda de materiais. A estrutura do edifício é metálica, com paredes externas em placas cimentícias e



revestimento de lâ de rocha. As paredes internas são compostas de bloco de concreto celular.



Figura 3. (a) Fachadas; (b) Cobertura com placas solares coletoras; (c) execução da obra do edifício HAB 2. Fonte: Arquitraço, 2018.

#### 4.2. Critérios do Selo Casa Azul alcançados pelo conjunto edifício HAB 2

O edifício conquistou o total 33 critérios dos 53 disponibilizados pelo Selo. Dentre os 33 critérios, 19 são os critérios obrigatórios, previamente estabelecidos pela certificação, que corresponde ao nível Bronze. Essa pontuação é a mesma para todas as edificações que buscam qualquer nível do selo. A tabela 1 apresenta a lista dos 19 critérios elencados em seis categorias e que foram alcançados pelo HAB 2, dentre aqueles definidos pelo selo Casa Azul.

Tabela 1. Critérios obrigatórios observados e organizados por categorias – HAB 2

Critérios Obrigatórios - Edifício HAB 2					
1. Qualidade Urbana	2. Projeto e Conforto	3. Eficiência Energética	4. Conservação de recursos materiais	5. Gestão da água	6. Práticas sociais
1.1 Entorno - Infraestrutura básica	2.1 Paisagismo	3.1 Lâmpadas de baixo consumo - áreas privativas	4.2 Qualidade de materiais e componentes	5.1 Medição individualizada - água	6.1 Educação para gestão de resíduos de construção e demolição - RCD
1.2 Entorno - Impactos	2.5 Local para coleta seletiva	3.2 Dispositivos economizadores - áreas comuns	4.4 Formas e escoras reutilizáveis	5.2 Dispositivos economizadores - bacia sanitária	6.2 Educação ambiental dos empregados
	2.6 Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	3.5 Medição individualizada a gás	4.5 Gestão de resíduos da construção de demolição - RCD	5.8 Áreas permeáveis	6.7 Orientação aos moradores
	2.7 Desempenho térmico - vedações				
	2.8 Desempenho térmico - orientação solar e ventos				

A figura 4 mostra uma comparação entre os números de critérios obrigatórios alcançados segundo as seis categorias definidas. O critério *Projeto e Conforto* atendeu o maior número de critérios estabelecidos: 5 no total, mostrando-se o melhor atendido. Também dos resultados infere-se que um desigual percentual atingido nos critérios obrigatórios. Pois, o



critério acima, o mais contemplado dos critérios obrigatórios atingiu somente 26,31% do total. As quatro categorias de *Eficiência energética*, *Conservação de recursos materiais*, *Gestão da água*, *Práticas sociais* alcançarem cada uma 15,78%. Enquanto o menor percentual de 10,52 foi alcançado pela *Qualidade urbana*. Em síntese, verifica-se que na fase dos critérios obrigatórios a categoria *Projeto e Conforto* se destaca comparada às outras, enquanto que a categoria de *Qualidade Urbana* foi a de menor relevância, com apenas 2 critérios obrigatórios atingidos.

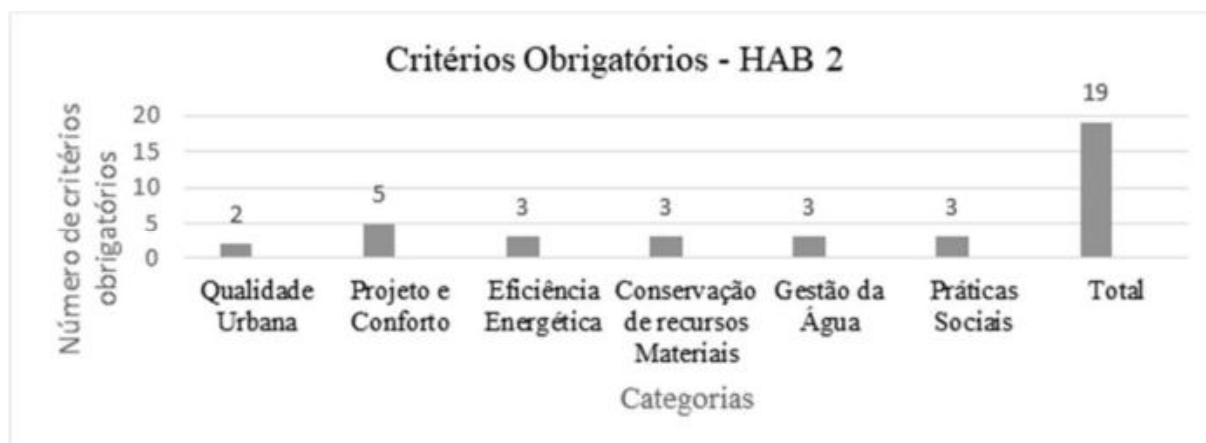


Figura 4. Distribuição dos números de critérios obrigatórios atendidos – HAB 2

Quanto aos 34 critérios de livre escolha especificados no Selo, estes somam 34 ao todo. Os empreendimentos dispostos a requerer o Selo devem conquistar o maior número possível, pois a medida que mais critérios são alcançados a possibilidade de obter um nível maior de pontuação aumenta: de bronze para prata e deste para ouro. Nos dados da tabela 2 abaixo, são especificados os 14 critérios de livre escolha atendidos pelo edifício HAB 2. Assim, adicionando-os aos critérios obrigatórios atendidos, verifica-se que o edifício conquistou 33 quesitos, e obteve assim o selo em nível ouro.

Tabela 2. Critérios de livre escolha organizadas por categorias – HAB 2

Critérios de Livre Escolha - Edifício HAB 2					
1. Qualidade Urbana	2. Projeto e Conforto	3. Eficiência Energética	4. Conservação de recursos materiais	5. Gestão da água	6. Práticas sociais
1.3 Melhorias no entorno	2.9 Iluminação natural de áreas comuns	3.3 Sistema de aquecimento solar	4.1 Coordenação modular	5.3 Dispositivos economizadores - arejadores	6.5 Inclusão de trabalhadores locais
1.4 Recuperação de áreas degradadas	2.10 Ventilação e iluminação natural de banheiros		4.3 Componentes industrializados ou Pré-fabricados	5.5 Aproveitamento de águas pluviais	6.8 Educação ambiental dos moradores
	2.11 Adequação as condições físicas do terreno		4.9 Madeira plantada ou certificada		6.9 Capacitação para gestão do empreendimento

A figura 5 mostra uma comparação entre os números de critérios de livre escolha alcançados pelo empreendimento HAB 2. Verifica-se que as três categorias melhor contempladas são: *Conservação de Recursos Materiais*, *Projeto e Conforto* e *Práticas Sociais*, cada uma com 3 critérios. Seguidas pelas: *Gestão da Água* e *Qualidade Urbana*, ambas com 2 critérios cumpridos. Assim, observa-se que o edifício HAB 2 contempla todas as 6 categorias nos critérios de livre escolha e nenhuma categoria se sobressaiu individualmente. Porém, a *Eficiência Energética* foi a menos contemplada, com só 1 critério alcançado. Esse fato revela uma uniformidade atingida pelo empreendimento, no esforço de

considerar todas as 6 categorias dos critérios facultativos, que representam as variadas dimensões da sustentabilidade, instauradas pelo Selo Casa Azul.

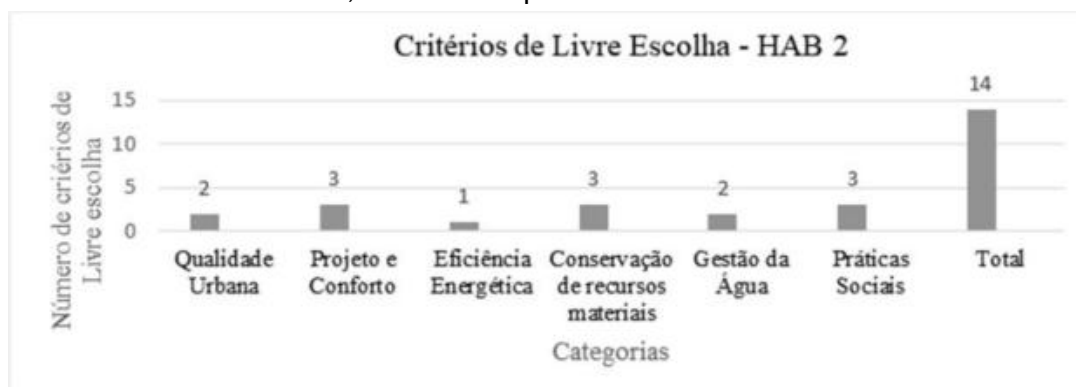


Figura 5. Distribuição dos números de critérios de livre escolha atendidos – HAB 2

### 4.3. Gestão pós-ocupação do edifício

No Selo Casa Azul, a categoria de Práticas Sociais visa não só a inserção de trabalhadores locais na obra do empreendimento, como também a realização de educação ambiental dos moradores bem como a capacitação para gestão do empreendimento. A seguir são apresentados alguns registros de informações levantadas de reuniões ocorridas com os futuros moradores, após a entrega das unidades habitacionais. As reuniões objetivaram esclarecer e orientar sobre os sistemas existentes no edifício, encaminhar ações educativas relativas a gestão do edifício pelos próprios usuários além da explicação dos conceitos de sustentabilidade e dos “4 Rs”.

#### Educação Sanitária e ambiental – Edifício HAB 2

- Objetivo: Orientar sobre o uso e manutenção dos sistemas implantados abordando sobre coleta seletiva, sistema de esgotamento sanitário/drenagem, aquecimento solar da água, captação e armazenamento de águas pluviais e a problemática do lixo urbano.
- Conteúdo: Apresentação do funcionamento dos sistemas operativos do edifício: Tratamento do esgoto, águas pluviais e coleta de lixo; A lógica dos 4 “R”: Reduzir, Reutilizar, Reaproveitar e Reciclar; O edifício HAB 2 e alguns projetos comunitários implantados pelo programa na comunidade: Telhado verde e asfalto de borracha.
- Técnica de execução: Apresentação em Datashow, divisão em 3 subgrupos temáticos e manipulação das plantas esquemáticas dos sistemas operacionais, seção de visitas as instalações prediais e resposta de questionamentos e dúvidas.
- Recursos humanos sugeridos: 1 consultor da área ambiental, 1 engenheiro sanitário da Secretaria Municipal de Habitação (SMH), 3 membros da equipe técnica social.
- Recursos materiais sugeridos: Confecção de material educativo, locação de equipamentos e lanche.

Nessas reuniões também foram tratados temas de gestão do edifício visando um melhor gerenciamento, em termos de manutenção e organização do condomínio, como por exemplo, a determinação de síndico e assembleias, dentre outros temas. Os profissionais técnicos optaram por incentivar a gestão participativa entre os moradores, e a promover a organização social dos mesmos.

### 4.4. Ações sustentáveis do Programa Morar Carioca Verde e da iniciativa dos moradores do Morro da Babilônia após a vigência do programa.

Durante o Programa Morar Carioca Verde, a comunidade do Morro da Babilônia foi contemplada com ações sustentáveis financiadas e implementadas pelo programa, além de

orientações possíveis de serem aplicadas pelos próprios moradores para uma continuidade das ações. Assim, se destaca a implantação do primeiro telhado verde na comunidade no telhado da “Escolinha tia Percília” que dá suporte educacional a crianças matriculadas nas escolas públicas, na faixa etária de 6 a 15 anos. O telhado vegetado contribui para o conforto térmico nos ambientes interiores, pois reduz o fluxo térmico que atravessa a cobertura. Também foi realizado um sistema de captação de água da chuva, para utilização em atividades que não envolvam água potável. O mesmo pode ser visto na figura 6 (a).

Outras ações sustentáveis também foram incentivadas pela associação de moradores do Morro da Babilônia, durante e após o término deste Programa, denominadas de “iniciativas verdes”, tais como: (i) Projeto favela orgânica, de Regina Tchelly, ex empregada doméstica, residente na comunidade, que realiza e incentiva a criação de hortas orgânicas em espaços ociosos na comunidade, figura 6 (b).; (ii) criação em 2016 do grupo “RevoluSolar”, com objetivo de instalar placas fotovoltaicas nas coberturas das casas. O financiamento provém da Agência Estadual de Fomento (AgeRio), que oferece até R\$ 15 mil reais em microcrédito para os moradores e empreendedores das comunidades com juros de 0,25% por mês. Na figura 6 (c), pode-se observar a primeira casa no morro da Babilônia a receber placas fotovoltaicas.



Figura 6. (a) Telhado verde; (b) hortas orgânicas; (c) placas solares fotovoltaicas no morro da Babilônia. Fonte: Ecodesenvolvimento.org

## 5. CONCLUSÃO

Com a escolha de implementação do programa *Morar Carioca Verde* na comunidade do Morro da Babilônia, as ações sustentáveis passaram a fazer parte do cotidiano dos moradores. A realização mais importante foi a construção neste espaço do edifício HAB 2, o primeiro prédio certificado como sustentável e voltado para a habitação popular na cidade do Rio de Janeiro.

Quando se analisa especificamente a concepção e execução do empreendimento, constata-se que foram consideradas no projeto algumas estratégias bioclimáticas, como o aproveitamento dos condicionantes topográficos e climáticos, como incidência solar, o sombreamento dado pela encosta, e o aproveitamento dos ventos dominantes. O projeto também contemplou sistemas que proporcionam eficiência energética ao edifício, como aquecimento solar da água, e a captação de águas pluviais. A execução da obra, por sua vez, contou com menor desperdício de materiais com a opção pelo sistema construtivo tipo

steel fraeming. As formas e escoras metálicas utilizadas contribuíram para a redução de resíduos na obra, e assim concorreram para um menor impacto ambiental.

Em relação à pontuação obtida na certificação Selo Casa Azul, constatou-se que o edifício obteve 33 pontos no total, ganhando a certificação em nível ouro. A análise dos critérios de livre escolha obtidos pelo HAB 2 revela uma certa equidade entre os critérios alcançados. Pois o empreendimento pontuou em todas as categorias, e nenhuma se sobressaiu sobre a outra. Esse equilíbrio mostra a tentativa de alcançar a sustentabilidade em suas variadas dimensões, representadas pelas seis categorias do selo.

Após a entrega do edifício aos moradores, verifica-se que os encontros realizados e as palestras feitas pela equipe técnica da prefeitura orientaram bem aos usuários sobre os sistemas operativos do prédio, da necessidade de manutenção periódica, bem como esclarecimentos sobre a nova edificação sustentável e ações de sustentabilidade. Além disso, houve um encaminhamento sobre o processo de gestão do edifício com a criação do condomínio, determinação de síndico, organização de assembléias dentre outros.

Nesse novo contexto, proporcionado pelo Programa Morar Carioca Verde, a sustentabilidade chegou à comunidade não só com o edifício HAB 2, mas também com ações e práticas inicialmente propostas pelo programa, mas posteriormente lideradas e incorporadas pelos próprios moradores. O telhado verde na cobertura da “Escolinha tia Percília”, a iniciativa da criação das hortas orgânicas na comunidade e a instalação de placas fotovoltaicas pelo grupo RevoluSolar, revelam a presença da sustentabilidade na mentalidade e no cotidiano dos moradores do Morro da Babilônia.

Essa nova perspectiva deixada pelo programa, fortalece a conscientização da comunidade para questões ambientais e para a necessidade de se preservar os recursos naturais, bem como saber aproveitá-los. Mesmo com o encerramento do programa Morar Carioca Verde nesta comunidade, ainda hoje é possível ver as ações sustentáveis implementadas e mantidas pelos moradores do Morro da Babilônia. Embora longe de ser o ideal, o Programa foi importante para disseminar diretrizes sustentáveis nas comunidades de baixa renda, além de demonstrar ser possível ao setor da construção civil adotar práticas sustentáveis mesmo para habitações populares.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M.; Vaz, L. F. (1993). *Sobre as Origens da Favela*. In Gomes, Marco Aurélio (org.). *Encontro Nacional da ANPUR*, 4, 28-31 de maio de 1991. *Novas e Velhas Legitimidades na Reestruturação do Território. Anais do IV. Encontro Nacional da ANPUR*. Salvador: ANPUR; UFBA.
- ARQUITRAÇO - ESCRITÓRIO. (2018). *Intervenções em favelas - Babilônia e Chapéu Mangueira*. Disponível em: <http://www.arquitraco.com.br/#/projeto> Acesso em: 20 de julho de 2018.
- Caixa (2010). *Boas práticas para habitação mais sustentável*. Disponível em <[http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/Guia\\_Selo\\_Casa\\_Azul\\_CAIXA.pdf](http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/Guia_Selo_Casa_Azul_CAIXA.pdf)>. Acesso em 20 de julho de 2018.
- Carvalho, S. A. (2008). *Avaliação da aplicabilidade do conceito de habitabilidade nas moradias das favelas cariocas: O caso de Vila Canoas. Dissertação de mestrado (mestrado em arquitetura)*. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil.
- Castro Filho, H. A. R. (2013). *Percepção de empresas construtoras em relação aos programas de classificação da sustentabilidade de projetos de construção habitacional: um estudo de caso Selo Casa Azul Caixa. Monografia de graduação em Administração*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS), Porto Alegre, Brasil.
- Ecodesenvolvimento.org. (2018). Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2016/posts/fevereiro/morro-da-babilonia-ganha-associacao-para-promover?tag=energia>>. Acesso em 20 de julho de 2018.



- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 de julho de 2018.
- John, V. M.; Prado, R. T. A. (2010). *Selo Casa Azul: boas práticas para habitação mais sustentável*. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica.
- Santos, M. (2009) *A urbanização brasileira*. São Paulo: EDUSP. 5ª edição. 2ª reimpressão.
- Vaz, L. F. (2002). *Modernidade e moradia – Habitação coletiva no Rio de Janeiro séculos XIX e XX*. Rio de Janeiro: Sete Letras, revista estudos urbanos e regionais.

## 7. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001



# REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIO: ESTUDO PARAMÉTRICO ATRAVÉS DE INDICADORES DE EFICIÊNCIA DE ESPAÇO

Luiz Gustavo Zuliani da Silva (lgzuliani@yahoo.com.br); Andrea Parisi Kern  
(apkern@unisinós.br)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) - Brazil

**Palavras chave:** reabilitação, sustentabilidade, indicador de eficiência de espaço

*A reabilitação do edificado brasileiro tem transcorrido de forma lenta, tanto por programas conduzidos pelo Estado quanto pela iniciativa privada, porém, a exemplo de países europeus, tende a se intensificar, presumindo que a reabilitação logrará papel fundamental na ocupação de áreas centrais, com impacto tanto na sustentabilidade ambiental quanto econômica e social. Em Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, essa realidade não é diferente, em estudo realizado pelo Plano de Reabilitação de Áreas Centrais constatou-se que o número de edifícios abandonados e mal aproveitados extrapolou o preconizado pelo Estatuto das Cidades. A execução de um projeto de reabilitação pode apresentar casos mais simples, mas também a necessidade de reabilitações mais profundas. Para evitar a necessidade de alterações desnecessárias e diagnosticar as manifestações patológicas a serem tratadas, o primeiro passo de um projeto requer inspeção e diagnóstico prévio, propiciando aos projetistas maior assertividade na tomada de decisões. A eficiência de espaço é um indicador que influencia na qualidade de uma habitação, contribuindo para aumentar o bem-estar e conforto dos usuários e propiciar aos projetistas na tomada de decisão na fase inicial de projetos de reabilitação. Desta forma, este trabalho busca executar estudo paramétrico em um projeto de reabilitação no centro de Porto Alegre, fazendo uso do Indicador de Eficiência de Espaço para Avaliação Inicial de Projeto, proposto por Andrade, Fernandes e Bragança (2017), e verificar se a atividade de reabilitação proporcionou aumento nas áreas interna e habitável mantendo a mesma área de construção.*

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, quanto ao tema habitação, a Emenda Constitucional 26 de 2000 traz a moradia como um direito social, mas ao longo dos séculos XX e XXI tais desigualdades tem se acentuado, e um dos principais agravantes está nas políticas habitacionais. Necessidades básicas como luz, água, saúde e transporte são fundamentais e, geralmente não fazem parte do escopo de projetos de habitação distantes das áreas centrais. Assim, investimentos no setor tornam-se cada vez mais urgentes e o mercado imobiliário tem influência significativa quando se trata de áreas centrais, já que nestes os valores são superfaturados, dando prioridade ao comércio.

O despovoamento dos grandes centros fora do horário comercial é cada vez mais evidente, reduzindo o fluxo de pessoas e aumentando a insegurança, bem como problemas graves de trânsito e qualidade do ar devido ao número cada vez maior de transporte necessário para deslocar as pessoas das periferias para seus locais de trabalho.

Em Porto Alegre/RS, foco deste trabalho, foi estabelecido em 2010, pela prefeitura municipal, o Plano de Reabilitação da Área Central. Este plano tem como base a participação conjunta de diversos órgãos do município, bem como esferas e setores sociais. Tendo como objetivo estratégico promover a reabilitação de áreas deprimidas, uma vez que em torno de 10% dos imóveis localizados no centro histórico da cidade estão subutilizados,

o que submete a necessidade de projetos especiais, ou seja, como diretrizes de uso e ocupação do solo específicas. (PORTO ALEGRE, 2010).

De acordo com Jacobs (2000) fatores como sustentabilidade e aproveitamento da infraestrutura existente são cruciais quando da concepção de um projeto, valorizando as construções, bem como preservando o ambiente construído, o que permite reduzir o esvaziamento dos grandes centros. Desta forma, é primordial análise mais aprofundada no processo de reabilitação de centros urbanos em detrimento de novas construções, já que estas requerem consumo em larga escala de insumos, os quais produzem resíduos que precisam ser tratados. É preciso destacar também o ciclo de vida dos materiais e, a reabilitação, tem se apresentado como solução em três eixos fundamentais: o ambiental, o social e o econômico.

Alterações desnecessárias devem ser evitadas e o correto diagnóstico das manifestações patológicas a serem tratadas torna-se o primeiro passo de um projeto, possibilitando aos projetistas maior objetividade na tomada de decisões. Portanto, a eficiência de espaço é um indicador que influencia na qualidade de uma habitação, contribuindo para aumentar o bem-estar e conforto dos usuários.

Em estudo realizado por Itard e Klunder (2007), desconsiderando os casos em que o edifício se encontra em estado avançado de problemas patológicos, a reabilitação em relação a demolição e reconstrução tem apresentado aspectos financeiros vantajosos. Para Goldstein, Herbol e Figueroa (2013) não só os aspectos econômicos e de energia devem ser levados em consideração, mas outros aspectos como o aumento no valor da obra ou a melhoria nas condições dos componentes da estrutura, o que é corroborado por Martinaitis, Rogoža e Bikmaniene (2004) e Zavadskas, Raslanas e Kaklauskas (2008).

Verbeeck e Cornelis (2011), seguindo essa mesma lógica, analisaram a renovação frente a demolição e nova construção de uma parcela do estoque de residências na Bélgica sob diferentes cenários (energético, econômico e ambiental). Os autores concluíram que a economia anual de energia não justificava a demolição e a nova construção, e que essa opção só faria sentido se o prédio estivesse em péssimo estado para a habitação e se a reabilitação tivesse um custo maior. Do ponto de vista ambiental, concluem que a demolição e a nova construção não são necessariamente uma opção pior do que a renovação. As economias de energia que podem ser alcançadas são maiores quando a substituição do edifício por uma nova construção, onde a reutilização e reciclagem de resíduos é maximizada no trabalho de demolição.

Morelli, Harrestrup e Svendsen (2014) destacam propostas mais detalhadas, que lidam com preços de energia, a hipótese de um aumento no uso de energia renovável, custos de manutenção ou taxas de juros financeiras. Porém, Thomsen e Van Der Flier (2009) salientam a necessidade de incluir aspectos ambientais e sociais na análise, não só os econômicos, uma vez que tais fatores fazem parte do conceito de sustentabilidade.

Exemplos de projetos e programas voltados para reabilitação são comumente empregados na União Europeia (UE), onde, Furtado (2012) salienta que indicadores são adotados em ações de reabilitação de áreas urbanas. O primeiro indicador, De Produto, remete aos projetos apoiados por organizações comunitárias e número de edifícios recuperados. O segundo indicador, De Resultado, expõe o número de unidades em processo de estabelecimento na área bem como o aumento do número de moradores em um raio de até 1 km de distância do projeto. Finalmente, o Projeto de Impacto, que leva em consideração o valor agregado gerado nos negócios locais após três anos da implantação do projeto.

Andrade, Fernandes e Bragança (2017) enfatizam a complexidade na escolha de uma técnica de reabilitação, visto que há muitas disponíveis no mercado e, variáveis como características do edifício, orçamento disponível, objetivo do projeto, são de extrema

importância. Desse modo, reforçam a necessidade de considerar também o ciclo de vida do edifício e os benefícios sociais e ambientais.

A tomada de decisão da melhor solução de reabilitação possui inúmeras ferramentas, como abordado por Alanne (2004) e Juan et al. (2009). Porém, grande parte das ferramentas disponíveis leva em consideração alguns critérios, na maioria econômicos e de eficiência energética. Destarte, Andrade, Fernandes e Bragança (2017) consideram a importância de desenvolver formas de auxiliar as equipes de desenvolvimento a selecionar as melhores opções durante as fases de desenvolvimento do projeto de reabilitação, na busca de melhorar a sustentabilidade do ambiente construído bem como os custos do ciclo de vida. Ressaltam que a principal diferença entre um projeto de reabilitação e de construção nova está nas preocupações à priori, ou seja, as características e manifestações patológicas para solucionar.

Logo, Andrade, Fernandes e Bragança (2017) frisam que a forma como um edifício é projetado, ou seja, sua geometria, organização dos compartimentos e outros aspectos de layout podem influenciar a eficiência do espaço. E, concluem que, a razão entre área de construção, área útil e/ou área habitável, podem também ser influenciadas pela solução construtiva a ser adotada. Definindo-as da seguinte forma:

- Área de Construção: superfície total de um edifício, medida externamente em cada piso. Inclui todos os espaços dentro do edifício, tais como varandas, sótãos terraços e espessura das paredes exteriores.
- Área útil: Soma das áreas dentro de um edifício, inclui compartimentos habitáveis, zonas de circulação verticais e horizontais, mobiliário embutido e instalações sanitárias. Exclui a espessura das paredes externas.
- Área Habitável: Área no interior do edifício destinada para aos utilizadores usufruírem regularmente. Exclui áreas de circulação, instalações sanitárias, compartimentos não habitáveis (sem luz natural), e anexos exteriores. É medido pela face interna das paredes de delimitam o compartimento.

Quelhas et al. (2014) reforçam que, com o propósito de evitar impactos no edifício como: funcionalidade; segurança; inspeção e diagnóstico, é crucial uma abordagem específica. Acentuam a necessidade de observar três princípios fundamentais, são eles: (i) inspeção e diagnóstico; (ii) projetar a intervenção baseada nos resultados anteriores; (iii) monitorar as soluções estabelecidas. É primordial que no primeiro princípio seja avaliado o estado atual da construção, detectando quaisquer problemas e suas respectivas causas, a fim de fazer a avaliação da eficiência das atuais soluções construtivas de forma a ver quais podem ser mantidas ou não. Já, no segundo princípio, que deve ser o resultado do primeiro, propiciar uma solução personalizada a cada edifício. E, por fim, no último princípio deve ser avaliada a eficiência pós implementação.

Na esfera federal, o Ministério das Cidades lançou a Política Nacional de Reabilitação Urbana, para dar às pessoas a possibilidade de terem acesso a áreas melhor localizadas, gerando justiça social e permitindo que as mesmas concretizem seus sonhos. A missão principal da política implementada é de diminuir a expansão da urbanização, com intuito de reduzir o volume de unidades mal localizadas e periféricas e, ao mesmo tempo, evitar a deterioração ambiental dos grandes centros e valorizar a infraestrutura existente. (BRASIL, 2013).

Já, no âmbito municipal, a prefeitura municipal de Porto Alegre/RS estabeleceu em 2010 o Plano de Reabilitação da Área Central, sendo um dos objetivos estratégicos o de promover a reabilitação de áreas deprimidas, pois aproximadamente 10% dos imóveis no centro histórico estão subutilizados. Tal plano buscou a participação de diversos órgãos públicos e privados, afim de, concomitantemente, produzir soluções e potencializar oportunidades de

desenvolvimento do centro da cidade. O plano operacional, responsável por estruturar as ações de reabilitação, está dividido em 8 (oito) macroações, sendo a Macroação 6 – Revitalização de Áreas e Imóveis Subutilizados ou Degradados, o eixo central dessa pesquisa, uma vez que a sua finalidade é dar suporte ao desenvolvimento de projetos e ações de reconversão de imóveis e áreas degradadas e subutilizadas. (PORTO ALEGRE, 2010).

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho teve por objetivo principal comparar, através de uma revisão bibliográfica, programas de reabilitação nas áreas urbanas centrais adotados em Porto Alegre, bem como busca avaliar estudo paramétrico em projetos de reabilitação no centro de Porto Alegre/RS, fazendo uso do Indicador de Eficiência de Espaço para Avaliação Inicial de Projeto, proposto por Andrade, Fernandes e Bragança (2017), verificar como a atividade de reabilitação proporciona aumento nas áreas interna e habitável mantendo a mesma área de construção e, avaliar os indicadores de déficit habitacional em Porto Alegre para propor soluções aos entes públicos e privados na solução do problema apresentado por Sabadi (2017). Para isso foi realizado um levantamento bibliográfico das edificações possíveis de serem reabilitadas no centro de Porto Alegre e comparar o déficit habitacional da Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) com o total de imóveis abandonados.

## 3. METODOLOGIA

Avaliar técnica, econômica e ambientalmente o processo de reabilitação de edifícios no centro de Porto Alegre/RS é uma necessidade frente ao volume crescente de imóveis em condições de degradação e com necessidades urgentes de serem reabilitados para voltarem as suas funcionalidades originais. Esse estudo, dessa forma, busca apresentar o que tem sido feito quanto à reabilitação de centros urbanos, demonstrando maneiras para que se tenha um desenvolvimento mais eficiente dos centros urbanos, em específico em Porto Alegre/RS.

Para o mapeamento dos edifícios, Sabadi (2017) adotou três maneiras distintas: a olho nu, passando pelas ruas do centro e verificando quais estavam de fato desocupados; registro fotográfico e; observação direta do problema analisado. Após, esses dados foram confrontados com as informações colhidas junto ao programa Monumenta, que possuía as informações dos prédios vazios, e pesquisa na prefeitura de Porto Alegre, com dados dos programas Viva o Centro, o que facilitou o processo de busca e o levantamento do edificado subutilizado ou desocupado na região central, alguns com a construção parada pela metade ou parcialmente destruídos, contabilizando 49 imóveis que não exercem sua função social.

Para poder comparar os resultados encontrados pela autora, foram analisados os dados disponibilizados pela Fundação João Pinheiro (FJP) (2018) referentes ao Déficit por situação de domicílio e os domicílios vagos em condições de serem ocupados. Convém salientar que os dados apresentados pela autora foram resultado de uma coleta *in loco* no centro da capital no ano de 2017. Já, os dados da FJP são referentes a RMPA, que está representada por 34 municípios, em harmonia com os dados do Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul (2018).

Oliveira (2012), ao analisar a área útil com a área habitável per capita verificou que a primeira é 28,83 m<sup>2</sup>, já, a segunda é 20 m<sup>2</sup>. Concluindo que a área habitável per capita é aproximadamente 30 % menor que a área útil per capita. Porém, constatou que a razão da área habitável per capita é igual independentemente da tipologia construtiva e do número de divisões, ao contrário da área útil.

Para Andrade, Fernandes e Bragança (2017), tais estatísticas ajudaram a alcançar uma razão ideal entre área habitável e número de residentes. A reabilitação representa uma



oportunidade de melhorar o seu desempenho frente aos objetivos de sustentabilidade. Os edifícios mais antigos necessitam intervenções visando as necessidades sociais modernas e qualidade de vida, e conseqüentemente a condições de conforto interior serão melhoradas.

Assim, faz-se necessário desenvolver ações de melhoria e utilização desses edifícios, na busca de auxiliar na redução do déficit habitacional. A temática morar no centro começa a ser discutida e melhorada. Dessa forma, estudos volumétricos são analisados de maneira crítica as intervenções no centro de Porto Alegre.

#### 4. RESULTADOS

Sabadi (2017) ao efetuar o mapeamento dos edifícios evidenciou que há muita mistura funcional em áreas importantes do Centro, porém, também há zonas onde há pouca diversidade e que apresentam maior esvaziamento e maior “sentimento de insegurança” em certos horários e dias da semana. Na Figura 1 a autora a área analisada para reabilitação no centro de Porto Alegre/RS, salientando os imóveis subutilizados, desocupados, em construção e os parcialmente destruídos.



Figura 1. Área para reabilitação no centro de Porto Alegre/RS

Com base nos dados apresentados pelo FJP (2018) foi construída a Tabela 1, que relaciona o déficit por situação de domicílio e os domicílios vagos em condições de serem ocupados. Convém salientar que os dados apresentados por Sabadi (2017) foram resultado de uma coleta *in loco* no centro da capital no ano de 2017. Já, os dados da FJP são referentes a RMPA, que está representada por 34 municípios, conforme dados do Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.

Tabela 1 – Déficit Habitacional por situação do domicílio e Domicílios vagos em condições de serem ocupados e em construção – RMPA – Rio Grande do Sul – Brasil – 2015



Região	Urbana		Rural		Total	
	Déficit	Domicílios vagos	Déficit	Domicílios vagos	Déficit	Domicílios vagos
RMPA	94.831	157.042	1.783	1.771	96.614	158.813
Rio Grande do Sul	220.953	367.618	18.505	106.615	239.458	474.233
Brasil	5.572.700	6.350.010	783.043	1.556.757	6.355.743	7.906.767

Na Tabela 1 estão apresentados os valores do Déficit Habitacional por situação do domicílio, ou seja, as unidades urbanas e rurais na RMPA, no Estado do Rio Grande do Sul e no Brasil. É possível verificar que mais de 40% do déficit do Estado do Rio Grande do Sul, que possui atualmente 497 municípios, encontra-se na RMPA, o que justifica propostas de intervenção para essa região. São também apresentados os domicílios vagos em condições de serem ocupados e em construção, dos mais de 474 mil domicílios vagos do Estado do Rio Grande do Sul, mais de 30% estão localizados na RMPA.

Comparando com o total do déficit habitacional percebe-se que, em todas as regiões, o número de domicílios vagos ultrapassa o total do déficit habitacional, reforçando ainda mais a necessidade de políticas públicas para reabilitação dessas unidades para confrontar o déficit habitacional.

Seguindo as proposições de Sabadi (2017), foram relacionados na Figura 2 alguns edifícios, no centro de Porto Alegre, com suas áreas e as sugestões de possíveis intervenções. Dos edifícios relacionados pela autora, a maioria carece de reformas com e sem adições, com o objetivo de transformá-los em lojas, salas comerciais, apartamento JK, 1 e 2 dormitórios, totalizando 57.853,30 m<sup>2</sup> de área construída, em aproximadamente 95 pavimentos, sendo 4 com 10 ou mais pavimentos, desses apenas um (Edifício Imperial) necessita de restauro.

Tabela 2 – Proposições de intervenções nos edifícios abandonados de Porto Alegre

Edifício	Área estimada (m²)	Número de pavimentos	Tipo de intervenção	Hipótese
Ed. Timmers	5.628,40	10	Reforma com pequenas adições	Apartamentos JK
				Apartamentos de 1D
				Apartamentos de 2D
				Lojas
				Salas comerciais
Casa Vicente 1	525,00	2	Reforma com adições	Galeria comercial para comerciantes informais
Casa Vicente 2				Lojas
Casa Vicente 3				Apartamentos JK
Casa Vicente 4				Apartamentos 1D e 2D
Ed. Voluntários	4.089,60	2	Reforma com adições	Galeria comercial no térreo
				Apartamentos JK
				Apartamentos 1D
Ed. Metrô	1.887,70	6	Reforma sem adições	Apartamentos JK
				Apartamentos 1D e 2D
				Lojas
				Salas comerciais
Edifício Lopes	14.550,00	15	Reforma sem adições	Apartamentos JK
				Apartamentos 1 D
				Apartamentod 2 D
				Lojas
				Salas comerciais
Ed. Rocco	1.560,00	4	Restauração sem adições	Apartamentos JK
Ed. Conde	658,10	3	Reforma sem adições	Cafeteria
				Apartamentos JK
Ed. Poty	2.159,50	7	Reforma sem adições	Apartamentos 1 D
				Apartamentos 2 D
				Lojas no térreo
				Escritórios
Ed. Otávio Rocha	597,20	7	Reforma sem adições	Apartamentos JK
				Apartamentos JK
				Apartamentos 1 D
Ed. Phenix	7.000,00	19	Reforma sem adições	Apartamentos 2 D
				Lojas
				Apartamentos JK
				Apartamentos 1 D
Ed. Bromberg	14.561,10	5	Reforma com adições	Apartamentos 2 D
				lojas
				Salas comerciais
				Apartamentos JK
Ed. Siqueira	1.219,00	2	Reforma com adições	Apartamentos 1 D
				Apartamentos 2 D
				Lojas
Ed. Imperial	3.417,70	13	Restauração sem adições	Apartamentos JK
				Apartamentos 1 D
				Lojas
				Cinema

Andrade, Fernandes e Bragança (2017) salientam que a área habitável e a área útil são importantes indicadores para avaliar um projeto de reabilitação. No estudo efetuado pelos autores verificou-se um aumento de 75 % na área útil e 77,8 % na área habitável. Lembrando que a área habitável é sempre inferior a área útil, ou, no máximo igual à área útil. Então, a razão entre área habitável e área útil é um bom indicador de eficiência de espaço, ou seja, quanto maior a razão maior eficiência de espaço do projeto.

Os autores supracitados afirmam que apenas esta razão não é suficiente para caracterizar eficiência de espaço. Primeiro, como os dados disponíveis para o estudo eram escassos, seria imprudente tentar admitir qualquer outra correlação; segundo, outro parâmetro área disponível por residente foi também incluído na avaliação de eficiência de espaço para ajudar a estabelecer uma relação entre espaço e qualidade de vida. Desta forma, o projetista deve conseguir introduzir os seguintes dados: (i) área da parcela e índice de máxima utilização de área ou; (ii) área construída máxima; (iii) nível indicativo de desempenho obtido. Então, a ferramenta estima a mínima área habitável para obter o nível de desempenho indicativo com a equação 1.

$$\text{Área Habitável}_{ren} = \%_{\min i} \times \text{Área Construída}_{foreseen} \quad (1)$$

Onde:

- Área Habitável<sub>ren</sub>: área habitável prevista em m<sup>2</sup>
- %<sub>min<sub>i</sub></sub>: valor da razão mínima entre área habitável e área construída necessária para atingir o desempenho de nível i
- Área Construída<sub>foreseen</sub>: área construída esperada em m<sup>2</sup>

O estudo apresentado pelos autores permite classificar a área habitável disponível por habitante, possibilitando ao projetista orientar o projeto de acordo com o nível de desempenho desejado. Quanto mais alta a área por residente melhor, até a um máximo definido. Para isso foram estabelecidos três níveis que têm como limite os valores obtidos para a prática convencional e a melhor prática, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Níveis de desempenho de acordo com a distribuição de quartil

Níveis de desempenho	Descrição
Nível 1	≥ 18,08 m <sup>2</sup> /p
Nível 2	≥ 20,76 m <sup>2</sup> /p
Nível 3	≥ 25,60 m <sup>2</sup> /p

O projetista deve inserir o número esperado de residentes e a área habitável obtida na equação 1. A ferramenta irá então calcular a área habitável por residente e demonstrar o respectivo nível de desempenho, o qual será obtido ao posicionar o valor calculado no gráfico da Figura 2 e uma nota será atribuída.

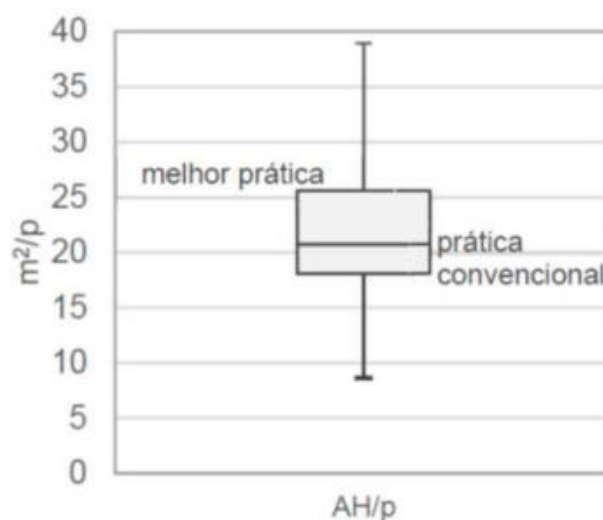


Figura 2. Benchmarking para a área habitável por residente

Os autores salientam que o valor obtido é apenas uma estimativa, já que a área habitável por residente pode ser aperfeiçoada reorganizando o interior da edificação. Os projetistas serão também avisados que eles podem tentar obter um desempenho maior se o valor da área habitável por residente for otimizado. Ajustes precisarão ser efetuados para definir as áreas das edificações apresentadas na Tabela 2, já que algumas informações ainda não estão disponíveis, como a medida interna dos prédios e, o acesso a ferramenta de avaliação de eficiência de espaço sendo negociada com os autores para disponibilização.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste trabalho teve por objetivo principal comparar, através de uma revisão bibliográfica, programas de reabilitação nas áreas urbanas centrais adotados em Porto Alegre, bem como estudar a Política Nacional de Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais, analisando do ponto de vista da sustentabilidade as vantagens da reabilitação. Para isso foi realizado um levantamento bibliográfico das edificações possíveis de serem reabilitadas no centro de Porto Alegre e comparar o déficit habitacional da região metropolitana de Porto Alegre com o total de imóveis abandonados.

A urbanização trouxe avanços em diversos pontos, porém o reflexo negativo está em excluir uma fatia da sociedade do acesso à moradia. Muitas vezes, os locais onde são realocadas não tem as condições básicas, como infraestrutura de transporte, saneamento básico, água potável, energia elétrica, escolas, creches, hospitais ou unidades de pronto atendimento, entre outros.

A reabilitação de edificações, seja para fins residenciais, comerciais ou industriais, torna-se uma atividade complexa e muito diferente da construção de uma unidade nova. Mas, casos bem-sucedidos em outros países demonstram que a reabilitação se torna viável quando se avalia não só a questão econômica, mas sim pela ótica da sustentabilidade ambiental e econômica e, ao aplicarem tais modelos em estudos de caso, os resultados obtidos validam tais modelos.

Comparando os dados do déficit habitacional na região metropolitana de Porto Alegre com o número de unidades em situação de abandono e com possibilidade de sofrerem intervenções, tanto públicas quanto privadas, a fim de contribuir para a redução do déficit são vistas como uma forma de auxiliar os governantes na busca de soluções para resolver esse impasse, além de possibilitar a revitalização da região central de Porto Alegre/RS.

Comparando os dados do déficit habitacional na região metropolitana de Porto Alegre com o número de unidades em situação de abandono e com possibilidade de sofrerem intervenções, tanto públicas quanto privadas, a fim de contribuir para a redução do déficit, projetos de reabilitação são vistos como forma de auxiliar os governantes na busca de soluções para resolver esse impasse, além de possibilitar a revitalização da região central da capital gaúcha.

Sendo assim, trabalhos que busquem soluções para os problemas de infraestrutura nas grandes cidades devem ser cada vez mais incentivados, pois os resultados, mesmo que no longo prazo, podem representar uma mudança significativa para a região, além de possibilitar a revitalização dos centros urbanos, uma vez que a cidade apresenta vida própria e a reabilitação teria que ser reconhecida como uma coisa essencial e com base na sustentabilidade, com aplicação de técnicas, processos e elementos que possam ser reciclados e que facilitem a manutenção e conservação das benfeitorias.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Alanne, K. (2004). Selection of renovation actions using multi- Automation in Construction, 13, 377-391.*
- *Andrade, J. B; Fernandes, E.; Bragança, L. (2017). Sustentabilidade de projetos de reabilitação de habitações: indicador de eficiência de espaço para avaliação inicial de projeto. EuroElecs 2017 – II Encontro Latino-Americano e Europeu Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, pp. 1761-1772, 2526-687X.*
- *Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul. (2018). Secretaria da Coordenação e Planejamento do RS. Disponível em <<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/regiao-metropolitana-de-porto-alegre-mpa>>.*

- Brasil. (2013). Ministério das Cidades. Curso do Programa de Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais. Brasília, 2013.
- Fundação João Pinheiro (FJP). (2018). Déficit habitacional municipal no Brasil 2015. Centro de Estatística e Informações, Belo Horizonte, 2018. Disponível em <<http://www.fjp.gov.br>>.
- Furtado, F. (2012). Indicadores na Conservação Urbana e Territorial In: Plano de Gestão da Conservação Urbana: Conceitos e Métodos. Norma Lacerda e Sílvia Mendes Zancheti (Org.). Olinda: Centro de Estudos Avançados da Conservação Integrada, p. 173-182.
- Goldstein, B. P.; Herbol, M.; Figueroa, M. J. (2013). Gaps in tools assessing the energy implications of renovation versus rebuilding decisions. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 5, 244–250. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2013.03.005>.
- Itard, L.; Klunder, G. (2007). Comparing environmental impacts of renovated housing stock with new construction. *Build. Res. Inf.* 35, 252–267. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildresinf.2007.03.005>.
- Jacobs, J. (2000). Morte e vida de grandes cidades. Martins Fontes.
- Juan, Y. K., et al. (2009). GA-based decision support system for housing condition assessment and refurbishment strategies. *Automation in Construction*, 18, 394-401.
- Martinaitis, V.; Rogoža, A.; Bikmaniene, I. (2004). Criterion to evaluate the “twofold benefit” of the renovation of buildings and their elements. *Energy Build.* 36, 3–8. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(03\)00054-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(03)00054-9)>.
- Morelli, M.; Harrestrup, M.; Svendsen, S. (2014). Method for a component-based economic optimisation in design of whole building renovation versus demolishing and rebuilding. *Energy Policy* 65, 305–314. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.09.068>>.
- Oliveira, A. J. P. (2012). A casa compreensiva: a convivencialidade na concepção arquitetónica das tipologias de habitação em Portugal continental. 2012. Tese (Doutorado em Ciência Social) – Universidade Fernando Pessoa. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10284/3581>>.
- Porto Alegre (2010). Lei Complementar n. 434, de 1º de dezembro de 1999, atualizada e compilada até a Lei Complementar nº 667, de 3 de janeiro de 2011, incluindo a Lei Complementar 646, de 22 de julho de 2010. Plano Direto de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA). Disponível em <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu\\_doc/planodiretortexto.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf)>.
- Porto Alegre (2010). Prefeitura Municipal. Secretaria do Planejamento Municipal. Síntese do Plano estratégico de Reabilitação da área Central de Porto Alegre. (Viva o Centro). Porto Alegre: PMPA, 2010.
- Quelhas, B.; et al. (2014). Characterization and Reinforcement of Stone Masonry Walls. In: Costa, A., Guedes, M. J. & Varum, H. (eds.) *Structural Rehabilitation of Old Buildings*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Sabadi, A. L. Morar no Centro, Viver na Cidade: Habitação, mistura social e funcional. 2017. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2017.
- Thomsen, A.; Van Der Flier, K. (2009). Replacement or renovation of dwellings: the relevance of a more sustainable approach. *Build. Res. Inf.* 37, 649–659.
- Verbeeck, G.; Cornelis, A. (2011). Renovation versus demolition of old dwellings comparative analysis of costs, energy consumption and environmental impact. In: PLEA2011 — 27th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, pp. 1–6 Louvain-la-Neuve.
- Zavadskas, E.; Raslanas, S.; Kaklauskas, A. (2008). The selection of effective retrofit scenarios for panel houses in urban neighborhoods based on expected energy savings and increase in market value: the Vilnius case. *Energy Build.* 40, 573–587.



# QUANTIFICAÇÃO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub> PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

*Luiz Maurício Furtado Maués (maues@ufpa.br); Ana Carolina de Albuquerque Freitas (carol.albuquerquef@gmail.com); Adriene Rodrigues Barbosa (adriene2118@gmail.com)*

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil (UFPA-FEC) - Brazil

**Palavras chave:** sustentabilidade, habitação popular, emissão CO<sub>2</sub>.

*O reconhecimento de que a construção civil é uma das indústrias que mais gera impactos ambientais e o aumento de obras necessárias para o crescimento de um país em desenvolvimento, principalmente no âmbito habitacional, onde o déficit é enorme, retratam a necessidade de realizar pesquisas sobre o aspecto da sustentabilidade neste setor. Esta pesquisa caracteriza-se como exploratória e estudo de caso e tem como objetivo analisar a emissão de CO<sub>2</sub> em relação aos diferentes tipos de projetos utilizados no programa minha casa minha vida (PMCMV) na faixa 1, neste sentido foi verificado que entre os serviços estudados a alvenaria foi o que emitiu maior quantidade de CO<sub>2</sub>, e que existe uma correlação mais efetiva entre o aumento da área da casa com o contrapiso em relação a emissão do CO<sub>2</sub>. No entanto, o aumento da área da residência não proporciona uma correlação direta e significativa em relação ao aumento da emissão de CO<sub>2</sub>, possibilitando o desenvolvimento de projetos maiores e mais adequados quanto a sua dimensão sem gerar impacto significativo ao meio ambiente em relação aos projetos atuais.*

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre os anseios da população de países em desenvolvimento está a conquista de um lar. No entanto, no Brasil ainda existe um déficit habitacional expressivo, pois em 2012 ainda faltavam aproximadamente 5.792.508 moradias, este número representa 9,1% da população do país (Fundação João Pinheiro. Centro de Estatística e Informação, 2014). Algumas ações foram implementadas pelo Governo Federal Brasileiro, como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), no sentido de diminuir o problema habitacional. Gerando um aumento no volume de obras habitacionais (PAULSEN, J.; SPOSTO, R., 2013).

Cabe ressaltar que a construção civil é reconhecida como uma das indústrias que mais geram impacto no meio ambiente, seja pelo uso no seu processo de produção de grandes volumes de matéria prima, pela depleção da camada de ozônio por meio da emissão de CO<sub>2</sub> ao longo da sua cadeia produtiva ou pelo volume de resíduos que são gerados durante a execução. Este fato é referendado por autores como Sharma et al. (2011) e Medeiros et al. (2018).

No entanto, o crescimento de um país passa necessariamente pela execução de obras quais sejam de infraestrutura, industriais, comerciais ou residenciais. Neste sentido buscar o ponto de equilíbrio entre o crescimento sustentável é o grande desafio dos países em desenvolvimento, pois a sustentabilidade deverá atender ao tripé social, econômico e ambiental.

A ABNT (2014) destaca que atualmente existe uma crescente preocupação em relação a conscientização relativa a proteção ambiental e os possíveis impactos que são gerados em função do processo de fabricação e uso de produtos durante a sua vida útil.

De acordo com Carvalho, M. e Spoto, R. M. (2012) é necessário que arquitetos e engenheiros possam tomar decisões com relação a critérios ambientais (energia incorporada, emissões de

CO<sub>2</sub>, consumo de água...) nas especificações de projeto atentos ao ponto de vista ambiental. Neste contexto se torna importante utilizar metodologias que possam auxiliar na tomada de decisão em relação ao impacto ambiental gerado por novos empreendimentos.

### 1.1. Programa Minha Casa Minha Vida

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) é um programa do governo federal brasileiro que objetiva reduzir o déficit habitacional do país. Implantado em 2009, O PMCMV auxilia no financiamento de moradias em regiões rurais e urbanas, com auxílio dos governos do estado, prefeituras e organizações sem fins lucrativos. De acordo com o Ministério das Cidades, até dezembro de 2017, o programa já havia apoiado a construção de mais de 4,5 milhões de unidades, que beneficiando cerca de 20 milhões de pessoas, em 5.374 municípios.

Atualmente, o programa contempla quatro faixas de renda. A faixa 1 é de imóveis financiados para famílias com renda mensal de até R\$ 1.800,00. Faixa 1,5 contempla famílias com renda de até R\$ 2.600,00. As moradias faixa 2 são financiadas para famílias com renda de até R\$ 4.000,00 e a Faixa 3 para famílias com renda de até R\$ 7.000,00.

As unidades habitacionais podem ser do tipo casa ou apartamento. De acordo com a portaria nº 269 de 2017 do Ministério das Cidades, as especificações mínimas de projeto das unidades habitacionais devem incluir sala, área de serviço, banheiro, cozinha, um dormitório para casal e um dormitório para duas pessoas. As casas não devem possuir dimensão total menor que 36m<sup>2</sup>, no caso de área de serviço externa, ou 38m<sup>2</sup> quando a área de serviço for interna. No caso dos apartamentos, a área mínima não deve ser inferior a 39m<sup>2</sup>.

### 1.2. Análise do Ciclo de Vida

A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma metodologia que avalia todas as entradas de recursos necessários para a produção de um produto, incluindo consumo de energia, água e matéria prima, assim como as respectivas cargas ambientais, incluindo emissões de CO<sub>2</sub>, resíduos líquidos e sólidos (ABNT, 2014), ver figura 1.

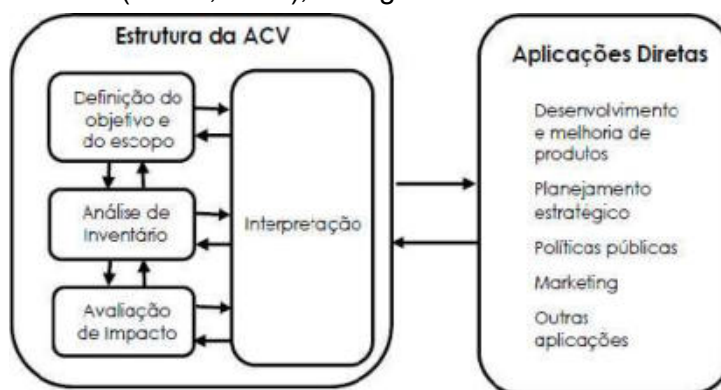


Figura 1. Estrutura para aplicação de ACV. Adaptado ABNT (2014).

A ACV é uma metodologia aplicada internacionalmente e que proporciona avaliar o desempenho ambiental de produtos e processos, este método é cada vez mais utilizado por indústrias e empresas que estão avaliando como as suas atividades afetam o meio ambiente, seja em função do fato da sociedade estar preocupada com as questões de esgotamento dos recursos naturais, degradação ambiental ou por responderem a conscientização dos consumidores, ao fornecer produtos “mais verde” (SCIENTIFIC APPLICATIONS INTERNATIONAL CORPORATION, 2006).

No entanto, no Brasil o seu uso ainda é incipiente, apenas em 2012, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia estabeleceu que o uso da ACV em produtos de fabricação nacional é prioridade. Assim como, com a criação do Projeto Brasileiro do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) contribuindo para que a Indústria Brasileira possa dispor

de um importante facilitador de em relação a disponibilidade de dados (SAAD, 2014).

Neste cenário, onde o país inicia estudos de forma mais robusta em relação ACV, mesmo que timidamente, principalmente no cenário da construção civil, onde de acordo com Evangelista et al. (2016) que realizaram uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, apontando que no Brasil predomina estudos comparativos de materiais e sistemas, objetivando principalmente a análise energética. Sendo mais restrito ainda a aplicação de ACV que contemplem edificações como um todo.

Os autores Zhang, Shen e Zhang (2013) chegaram à conclusão que o impacto ambiental causado pelas edificações são principalmente os que contribuem para o aquecimento global e, portanto, refletem nas emissões de CO<sub>2</sub>, seguido pela depleção de energia fóssil, de água e da acidificação.

Cabe ressaltar que os estudos de ACV seja em relação a materiais, componentes ou sistemas se limitam a fase de pré-uso, uso e pós-uso, pois as emissões de CO<sub>2</sub> que geradas no transporte destes insumos são inferiores as fases do ciclo de vida da edificação (CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; 2017).

Em função dessas características e da crescente necessidade da construção de moradias para a população brasileira que se torna imperioso a aplicação da estudos que contemplem a metodologia ACV em edificações residenciais no Brasil e na Amazônia.

## 2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar se existe uma proporcionalidade entre o aumento da emissão de CO<sub>2</sub> gerado pelo processo de execução de moradias do programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) e o aumento da área construída de habitações contidas na faixa 1.

## 3. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa tem caráter exploratório por meio de um estudo de caso com abordagem quantitativa de projetos residenciais do Programa Minha Casa Minha Vida, construídos no Brasil. Foi realizado um levantamento das tipologias construtivas mais usuais, este revelou uma variação de projetos com as mesmas características construtivas variando a área de construção de 30,00m<sup>2</sup> até 47,27m<sup>2</sup>, sendo estas habitações projetadas com dois dormitórios, uma sala de estar, uma cozinha, um banheiro e uma área de serviço externa, ver um exemplo de projeto básico na figura 2.



Figura 2. Planta baixa ilustrando as características do projeto faixa 1 do PMCMV, adaptado de CAIXA (2018).

Inicialmente foi elaborado o orçamento analítico de uma das obras, tendo como referência as composições unitárias disponíveis no site da CAIXA denominado de Sistema Nacional de

Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Pois este sistema deve ser utilizado como referência na elaboração de orçamentos de engenharia por meio do Decreto 7983/2013 e pela Lei 13.303/2016.

Com o orçamento estruturado foi gerada a curva ABC do empreendimento para seleção dos serviços que apresentam maior representatividade e com isso definir o serviço que será realizado o estudo da emissão do CO<sub>2</sub>. Pela curva ABC gerada, a atividade com maior custo de produção foi a parede de alvenaria, seguida pelo emboço e pelo contrapiso. Segundo Tavares (2006), a cerâmica e o cimento são os materiais da construção civil que mais emitem CO<sub>2</sub>. Levando esses aspectos em consideração e sabendo que os projetos analisados não possuem estrutura de concreto, os serviços a serem verificados serão: paredes de alvenaria, contrapiso, chapisco e emboço.

De posse desta definição foram identificados os insumos contidos nas composições unitárias destes serviços. Estes materiais utilizados na execução dos serviços em estudo foram quantificados em m<sup>2</sup>.

Após a definição dos insumos foram coletados os indicadores de emissão de CO<sub>2</sub> na literatura nacional e internacional, neste estudo de caso, estas informações tiveram como referência a metodologia da avaliação do ciclo de vida (ACV). A partir da avaliação das metodologias utilizadas para obtenção dos indicadores de emissão, foi selecionada a base de dados do Inventory of Carbon & Energy (ICE), realizada pela University of Bath. A escolha foi baseada com base na quantidade de referências feitas a esse inventário na literatura, além da metodologia utilizada no trabalho levar em consideração uma coletânea de dados do mundo todo.

Para realizar o cálculo da emissão de CO<sub>2</sub> foi adotado como unidade declarada para esta pesquisa 1 m<sup>2</sup> de alvenaria de vedação de blocos cerâmicos assentada com argamassa de cimento e areia no traço 1:2:8, revestida com chapisco rolado preparado manualmente de argamassa no traço 1:4 e emulsão polimérica, e emboço de argamassa no traço 1:2:8 (mesma argamassa de assentamento da alvenaria). Posteriormente foi realizada a análise de sensibilidade para projetar um cenário de emissão de CO<sub>2</sub> onde foram realizadas as análises dos resultados e conclusões.

Com os resultados da emissão de CO<sub>2</sub> por serviço estudado, buscou-se relacionar a quantidade emitida com a área da habitação utilizando o método de correlação por regressão simples. A correlação estuda o grau de associação entre duas variáveis (PETERNELLI, 2005), para representar a relação entre a área construída do projeto e a emissão de CO<sub>2</sub> por serviço, representou-se o conjunto de dados dos 10 projetos analisados em um diagrama de dispersão, indicando o coeficiente de correlação associando as variáveis de maneira linear por meio de uma reta.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. Escolha dos Projetos a Serem Analisados**

Foram buscados modelos de projetos já construídos do PMCMV, selecionou-se 10 projetos, destes 6 foram disponibilizados no site da CAIXA, 3 pela COHAB de Santa Catarina e 1 pelo SIDUSCON. Para padronizar as medidas de parede, ajustou-se as larguras das mesmas sempre para 15cm e considerou-se todas as paredes de alvenaria autoportante de blocos cerâmicos. Na tabela 1 encontra-se o resumo das características de cada projeto e a quantificação dos seguintes serviços: paredes, contrapiso, chapisco interno e externo e emboço interno e externo. Essa quantificação mostrou a relação das áreas dos serviços com a área da casa, sendo não linearizada, ou seja, a quantidade dos serviços não possui relação direta com o tamanho da residência.

Tabela 1. Quantificação dos projetos

Nome	Área (m <sup>2</sup> )	Paredes (m <sup>2</sup> )	Contrapiso (m <sup>2</sup> )	Chapisco/Emboço Externo (m <sup>2</sup> )	Chapisco/Emboço Interno (m <sup>2</sup> )
Modelo A	30,00	76,59	25,25	53,38	97,12
Modelo B	36,84	93,53	31,28	60,25	128,47
Modelo C	39,64	110,09	34,91	74,24	139,51
Modelo D	41,16	101,15	34,93	79,77	127,32
Modelo E	41,82	93,50	36,09	64,74	124,52
Modelo F	41,87	96,07	35,97	61,77	127,82
Modelo G	42,36	101,37	36,31	65,95	129,61
Modelo H	43,00	100,93	36,72	68,41	127,06
Modelo I	43,67	94,38	37,80	64,42	121,82
Modelo J	47,27	91,18	41,73	69,20	78,32
Média	40,76	95,88	35,10	66,21	120,16

#### 4.2. Indicadores de Emissão de Carbono

A quantificação de CO<sub>2</sub> é algo constantemente discutido nas pesquisas realizadas nesta área, sendo difícil afirmar qual base é a mais aceitável. No estudo feito por Caldas e Sposto (2017), em que buscou-se estimar e comparar a emissão de gás carbônico no transporte de blocos cerâmicos e de concreto, utilizou-se a média de emissão 0,27 KgCO<sub>2</sub>/KgMaterial para o bloco cerâmico obtida da coleta de dados de outros autores brasileiros e espanhóis. Já Zang *et al.* (2013) realizou uma ampla revisão da literatura mundial para mensurar os fatores de emissão dos materiais mais utilizados nas construções de edifícios em Hong Kong com objetivo de quantificar os impactos ambientais das diversas fases de concepção, em seus resultados a média de emissão do cimento é 0,994 KgCO<sub>2</sub>/KgMaterial, 1,242 KgCO<sub>2</sub>/KgMaterial para o aço e 0,069 KgCO<sub>2</sub>/KgMaterial para a areia.

Tavares (2006) em sua tese de doutorado propôs uma metodologia para calcular a energia emitida e absorvida durante o ciclo de vida de 50 anos de uma edificação levando em consideração a construção e o uso da habitação. Paulsen e Sposto (2013) realizaram um estudo de caso em uma habitação popular do tipo MCMV de 48m<sup>2</sup> analisando o ciclo de vida, a emissão e incorporação de energia por diversos serviços quantificados, chegando a conclusão de que a maior parte da energia incorporada em uma habitação popular (que corresponde a 30% da energia total durante o ciclo de vida) corresponde aos serviços relacionados as paredes, como bloco cerâmicos e revestimento.

Apesar de analisar a literatura disponível para este tipo de pesquisa, optou-se por utilizar o banco de dados coletados no *Inventory of Carbon & Energy* (ICE), pois, essa base possuía dados de todos os materiais analisados e é reconhecida e utilizada mundialmente. A partir da coleta no ICE com as informações de emissões de carbono para os materiais utilizados nos serviços avaliados foram definidos os indicadores de carbono a serem utilizados na pesquisa, estes foram adaptados para Kg de CO<sub>2</sub> emitido por Kg de material utilizado, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Indicadores de Emissão de CO<sub>2</sub>



Materiais Base	KgCO <sub>2</sub> /KgMaterial
Areia	0,05
Cal	0,74
Cimento	0,83
Tijolo	0,22
Aço	1,77

A partir dos indicadores obtidos para cada material, foram calculadas as quantidades em quilograma dos materiais necessárias para realização de 1 m<sup>2</sup> de serviço, a partir de dados fornecidos pela base de dados do SINAPI. As massas de areia, cimento e cal foram calculadas a partir do traço informado para cada um dos serviços. O peso de aço e tijolo foi estimado com base em informações técnicas dos produtos disponibilizados por seus fornecedores. A título de exemplo desta etapa metodológica a Tabela 3 apresenta os cálculos para a composição do serviço de alvenaria.

Tabela 3. Obtenção da emissão de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> de Alvenaria

Material	Peso (Kg)/m <sup>2</sup> de serviço	Fator KgCO <sub>2</sub> /Kg	KgCO <sub>2</sub> Total
Bloco Cerâmico (Alvenaria Vedação), 6 Furos, de 9 X 14 X 19 cm	62,9	0,22	13,838
Tela De Aço Soldada Galvanizada/Zincada Para Alvenaria, Fio D = *1,20 A 1,70* Mm, Malha 15 X 15 Mm, (C X L) *50 X 7,5* cm	0,29	1,77	0,5133
Pino De Aço Com Furo, Haste = 27 mm (Ação Direta)	0,005	1,77	0,00885
Areia (1700kg/m <sup>3</sup> )	12,4	0,05	0,62
Cimento (1200kg/ m <sup>3</sup> )	1,1	0,83	0,913
Cal (1700kg/ m <sup>3</sup> )	3,1	0,74	2,294
		Total	18,19

As massas de emissão por metro quadrado de serviço também foram calculadas para os serviços de chapisco, emboço e contrapiso. A Tabela 4 mostra os valores obtidos para cada atividade.

Tabela 4. Emissão de CO<sub>2</sub> por m<sup>2</sup> de serviços

Serviço	KgCO <sub>2</sub>
Alvenaria	18,19
Chapisco Interno	2,41
Chapisco Externo	2,41
Emboço Interno	15,30
Emboço Externo	11,68
Contrapiso	13,78

### 4.3. Emissão de CO<sub>2</sub> nas habitações modelos do tipo faixa 1

Para comparar a emissão de CO<sub>2</sub> entre os projetos pesquisados foram utilizados os quantitativos dos serviços de cada projeto do item 4.1 e os índices calculados no item 4.2, conforme ilustrados na Tabela 5.

Tabela 5. Emissão de CO<sub>2</sub> por serviço em Kg.m<sup>2</sup>

Nome	Parede (Kg CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> )	Contrapiso (Kg CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> )	Chapisco Externo (Kg CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> )	Chapisco Interno (Kg CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> )	Emboço Externo (Kg CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> )	Emboço Interno (Kg CO <sub>2</sub> .m <sup>2</sup> )
Modelo A	1393,21	348,00	128,65	234,05	816,71	1134,31
Modelo B	1701,27	431,09	145,20	309,61	921,79	1500,53
Modelo C	2002,61	481,08	178,92	336,21	1135,90	1629,45
Modelo D	1839,95	481,32	192,26	306,84	1220,54	1487,07
Modelo E	1700,77	497,32	156,02	300,09	990,52	1454,39
Modelo F	1747,48	495,69	148,86	308,05	945,05	1492,94
Modelo G	1843,88	500,31	158,93	312,35	1009,00	1513,80
Modelo H	1835,99	506,04	164,87	306,21	1046,70	1484,04
Modelo I	1716,77	520,95	155,25	293,59	985,63	1422,86
Modelo J	1658,64	575,02	166,78	188,75	1058,82	914,78
Média	1744,06	483,68	159,57	289,57	1013,07	1403,42

Posteriormente ao cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> foi realizada análise de correlação entre as emissões para cada serviço em estudo e o tamanho das dez casas, expostas nos Gráficos da Figura 3, por meio da técnica da regressão linear simples.

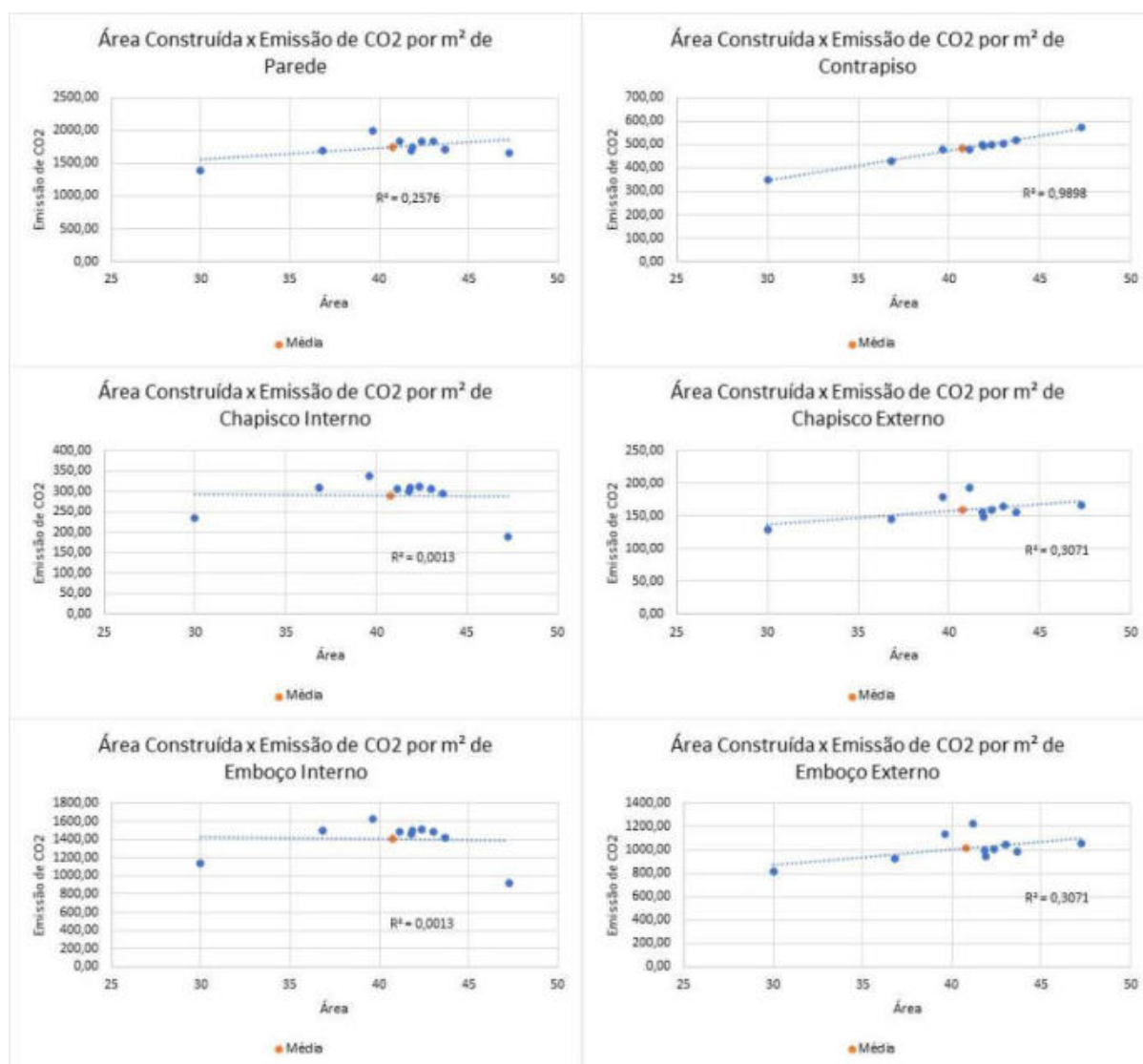


Figura 3. Relação entre Área Construída e Emissão de CO2 para os serviços em análise

Ao se analisar as informações obtidas pelas regressões lineares realizadas percebe-se que para todos os serviços as correlações apresentaram coeficiente angular positivo, com exceção do serviço de chapisco interno, indicando que existe uma correlação entre o aumento de área e o aumento de emissão de CO<sub>2</sub>, o que já era esperado, obviamente.

Observa-se que estatisticamente não há linearidade entre a área construída com a emissão de CO<sub>2</sub> pelos serviços analisados, logo a emissão de CO<sub>2</sub> não está relacionada diretamente com a área da residência e sim com as formas que assumem o projeto. Além disso, com base nos mesmos métodos estatísticos, pode-se afirmar que um projeto com menos dimensões desses serviços emitiria menos CO<sub>2</sub>, desde que não se acrescentem outros itens com maior emissão de gás carbônico.

## 5. CONCLUSÕES

Dentre os serviços em estudo o que apresentou o maior poder explicativo foi o serviço de contrapiso em relação a área da edificação pois existe uma relação direta entre a área da edificação e a área do piso, já em relação aos outros serviços essa relação apresentou resultados menos expressivos.

De acordo com os serviços em que se realizou levantamento quantitativo (paredes, contrapiso, chapisco e emboço) entre os modelos de projetos analisados, pode-se afirmar que

a quantidade emitida de CO<sub>2</sub> não é diretamente relacionada com a área das residências e sim com a quantidade de serviços executada. Ressalta-se que o estudo foi realizado com base em estimativas e considerou-se apenas um método construtivo padrão.

Neste sentido, este estudo demonstrou que em relação ao tripé da sustentabilidade, o governo poderia aumentar a área das edificações, contemplando um aumento no aspecto social, ofertando residências mais confortáveis para os seus usuários, sem gerar um aumento expressivo no que tange a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida para o meio ambiente, levando em consideração os padrões atuais dos projetos contemplados pelo PMCMV. Cabe ressaltar que em trabalhos futuros pode-se contemplar outras tipologias construtivas além das abordadas neste trabalho.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aashish Sharma; Abhishek Saxena; Muneesh Sethi; Venu Shree; Varun (2011). *Life cycle assessment of buildings: a review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* vol. 15 p. 871–875
- Associação Brasileira De Normas Técnicas (2014). *NBR ISO 14040: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro, Brasil
- BRASIL (2013). *Decreto nº 7.983, de 8 de Abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências*. Casa Civil, Brasília, Brasil
- BRASIL(2016). *Lei nº 13.303, de 30 de Jun. de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios..* Casa Civil, Brasília, Brasil
- BRASIL (2017). *Ministério das Cidades. Portaria nº 269, de 22 de março de 2017. Dispõe sobre as diretrizes para a elaboração de projetos e aprova as especificações mínimas da unidade habitacional e as especificações urbanísticas dos empreendimentos destinados à aquisição e alienação com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, e contratação de operações com recursos transferidos ao Fundo de Desenvolvimento Social - FDS, no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. Diário Oficial, Brasília, DF, 24 mar. 2017, Brasília, Brasil, Seção 1, p. 119.*
- CAIXA(2017). *Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Cadernos Técnicos de Composições para Argamassas e Grautes. Lote 1. Versão 001. 2015a.*
- CAIXA(2017). *Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). COMPOSIÇÕES UNITÁRIAS. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>>.*
- CAIXA. *Cartilha Minha Casa Minha Vida, 2018. Disponível em <<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>>.*
- Caldas, L. R.; Sposto, R. M. (2017) *Emissões de CO2 referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto*. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v. 17, n. 4, p. 91- 108.
- Carvalho, M. T. M.; Sposto, R. M. (2012) *Metodologia Para Avaliação da Sustentabilidade de Habitações de Interesse Social Com Foco no Projeto*. *Ambiente Construído, Porto Alegre*, v. 12, n. 1, p. 207-225.
- Evangelista, Patricia; Torres, Ednildo; Gonçalves, Jardel (2016). *A Avaliação do ciclo de vida (ACV) como ferramenta de análise do desempenho ambiental de edificações In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 16, São Paulo, Anais Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção. Disponível em:*
- <[www.infohab.org.br/entac/entac2016\\_artigos.html](http://www.infohab.org.br/entac/entac2016_artigos.html)>. Acesso em 2 de Novembro de 2018

- Fundação João Pinheiro (2014). Centro de Estatística e Informação. Nota Técnica 1 Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012, Resultados Preliminares.
- Guerdau (2018). Informações Técnicas Malhas de Aço. Disponível em: <<https://www.comercialgerdau.com.br/pt/produtos/tela-soldada-nervurada-gerdau>> Acesso em 3 de novembro de 2018.
- Hammond, G.; Jones, C (2008). ICE, Inventory of Carbon & Energy. Version 1.6<sup>a</sup>. University of Bath, Bath, UK.
- Marcella Ruschi Mendes Saade, Maristela G. da Silva, Vanessa Gomes, Hawllynshton Gumez Franco, Dimaghi Schwambach, Blandina Lavor, (2014) "Material eco-efficiency indicators for Brazilian buildings", Smart and Sustainable Built Environment, Vol. 3 Issue: 1, pp.54-71
- Medeiros, Larissa Mendes; Durante, Luciane Cleonice; Callejas, Ivan Júlio Apolonio (2018). Contribuição para a avaliação de ciclo de vida na quantificação de impactos ambientais de sistemas construtivos. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 365-385.
- Ministério das Cidades (2018). Programa Minha Casa Minha Vida. Disponível em:  
- <<http://www.cidades.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>> Acesso em: 3 de novembro de 2018.
- Paulsen, J.; Sposto, R. A (2013). Life Cycle Energy Analysis of Social Housing in Brazil: case study for the program MY HOUSE MY LIFE. Energy and Buildings, v. 57, p. 95-102.
- Peternelli, Luiz Alexandre (2005). Notas de aula: INF 162 – Estatística I. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~peternelli/inf162.www.16032004/menu1.html>>. Acesso em 10 de Março de 2019.
- Scientific Applications International Corporation, SAIC (2006). Life Cycle Assessment: Principles and Practice. Cincinnati, Ohio.
- Tavares, S. F. Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energética de Edificações Residenciais Brasileiras. 2006. 226 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- Teciam (2018). Informações Técnicas de Telas Soldadas. Disponível em: <<https://www.teciam.com.br/tela-soldada-rolos.html>>. Acesso em 3 de Novembro de 2018.
- Zhang, X.; Shen, L.; Zhang, L. (2013). Life cycle assessment of the air emissions during building construction process: A case study in Hong Kong. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 17, p. 160–169.



## EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> NA CASA POPULAR EFICIENTE E O EMPREGO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Cássia Laire Kozloski ([cakozloski@gmail.com](mailto:cakozloski@gmail.com)); Marcos Alberto Oss Vagheti ([marcos.vagheti@ufsm.br](mailto:marcos.vagheti@ufsm.br)); Bibiana Noschang da Silva ([bibinoschang@hotmail.com](mailto:bibinoschang@hotmail.com))

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo (UFSM-PPGAUP) - Brazil

Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia (UFSM-CT) - Brazil

**Palavras chave:** construção civil, sustentabilidade, emissões de CO<sub>2</sub>, quantificação de CO<sub>2</sub>

*As emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por ações antrópicas são uma das principais responsáveis pelo fenômeno do aquecimento global, provocando preocupantes mudanças nos ecossistemas da Terra. Dentre os principais contribuintes para a intensificação do efeito estufa, a construção civil encontra-se em busca de ações de mitigação para os impactos ambientais provocados pelo setor, especialmente no que diz respeito à produção e uso dos materiais de construção. Nesse sentido, o presente trabalho busca estimar a quantificação de emissões de CO<sub>2</sub> de materiais empregados na construção de duas residências de igual projeto arquitetônico na cidade de Santa Maria - RS, Brasil, sendo uma com especificação de materiais usuais no setor, nominada edificação padrão, e a Casa Popular Eficiente (CPE), com emprego de materiais alternativos, para posterior comparação entre as quantificações finais. O método QE-CO<sub>2</sub> em seu Nível Básico foi utilizado, por ser adaptado ao contexto da construção, produção e indústria brasileiros, contabilizando nas estimativas as fases de extração de matéria prima, transporte e produção dos materiais. Considerando-se o fator de perda para cada um dos materiais analisados, a quantificação de emissões para a CPE totalizou 12,737 tCO<sub>2</sub>, enquanto que para a edificação padrão se constatou 14,218 tCO<sub>2</sub>. Dentre os materiais, a madeira utilizada para as esquadrias demonstrou redução de 90,65% das emissões em relação ao mesmo produto em alumínio, da mesma forma que a telha ecológica Tetra Pak, com 61,3% menos liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera em comparação com as telhas de material cerâmico. Assim, comprova-se que o emprego de materiais alternativos é eficaz quando da necessidade de diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>, devendo ser considerado para as construções futuras, requisito básico para entender a diminuição dos impactos ambientais como uma necessidade atual.*

### 1. INTRODUÇÃO

O efeito estufa é um fenômeno natural, necessário para a manutenção da vida na terra, e responsável por captar e reter parte da energia emitida pelo Sol (DIAS, 2002; MATTOS; GRANATO, 2010). Entretanto, o aumento crescente e excessivo da concentração de moléculas dos gases causadores do efeito estufa (GEE), com atual liberação maior que a quantidade absorvida pelos sistemas naturais, em destaque o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), resulta em maior retenção da quantidade de calor na atmosfera (DIAS, 2002; MATTOS e GRANATO, 2010; ROTHSCHILD, 2007), causando o fenômeno do aquecimento global.

Considerado como um dos maiores desafios da sociedade moderna quanto aos impactos ambientais (GAN et al, 2017), o aquecimento global tornou-se um dos tópicos principais das discussões internacionais (LI; CHENG, 2017). Dias (2002), Li e Cheng (2017) alertam sobre a capacidade desse fenômeno em modificar as características globais do clima, e afirmam que as consequências sociais, ambientais, econômicas e éticas/culturais causadas pelas

mudanças consequentes compõem um conjunto de problemas que já estão sendo vivenciados e devem ser enfrentados pela sociedade humana.

Pereira (2014) afirma que as mudanças climáticas da atualidade são causadas principalmente pela utilização majoritária de fontes energéticas poluentes, fomentadas pelos processos industriais. Nesse sentido, o setor da construção civil destaca-se como um dos maiores contribuintes de emissões de GEE entre as fontes antropogênicas (GAN et al, 2017), principalmente no que diz respeito a produção dos materiais para a construção das edificações (LI et al, 2013; LI; CHENG, 2017; RASMUSSEN et al., 2018), resultando da soma entre extração da matéria prima, transporte e manufatura do material.

### **1.1. Impactos ambientais, emissões de CO<sub>2</sub> e construção civil**

A expansão urbana vivenciada hoje, ainda recente quando comparada ao surgimento da sociedade moderna, alterou irreversivelmente as paisagens, agravando os problemas ambientais nas cidades (DIAS, 2002). De acordo com Dias (2002), as discussões sobre as questões ambientais urbanas são negligenciadas, principalmente no que diz respeito ao consumo de recursos naturais, podendo comprometer os objetivos sociais, econômicos e ambientais em todos os países.

A demanda por edificações mais sustentáveis tornou-se sujeito principal de estudos e pesquisas de forma enfática a partir de 1995, quando a influência da ação antrópica sobre as mudanças climáticas, principalmente no que diz respeito àquelas relativas ao aquecimento global, foi indicada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 1995), grupo criado em 1988 pela ONU com a participação de mais de 2 mil cientistas. Segundo Burke e Keeler (2010), entre os anos de 1950 a 2000, as emissões de CO<sub>2</sub> pelas edificações superou o dobro do valor inicial em comparação ao transporte e indústria, o que se deve, principalmente ao uso de fontes de energia poluentes e extração intensa de matéria prima do ambiente (PEREIRA, 2014).

Em 2002, a Agenda 21 para construções sustentáveis em países em desenvolvimento – um documento em discussão -, posterior à Agenda 21 para Construções Sustentáveis, de 1999, ambas resultantes de discussões realizadas no Rio de Janeiro durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – ECO-92, em 1992, enfatizou a atribuição de responsabilidade à todas as partes envolvidas no processo da construção civil, como os usuários, empreiteiras, projetistas e investidores (DU PLESSIS, 2002). De acordo com Agopyand e John (2011), um dos maiores desafios iminentes em resposta a esse documento é a execução de medidas de prevenção imediatas, bem como a preparação e mudanças na cadeia produtiva em todos os níveis e de forma sistemática, para que ocorra a efetiva evolução do processo.

Entretanto, a relação entre as mudanças climáticas e a ação do homem só foi consolidada em 2007, intensificando a preocupação dos órgãos governamentais e exigindo mudanças nos padrões de produção e consumo (mppc), já indicadas durante a ECO-92. O relatório de 2007 do IPCC surgiu como um divisor de águas aos antigos relatórios, confirmando suposições de reuniões anteriores, expondo, com 95% de certeza científica, que as atividades humanas são as responsáveis pelas alterações climáticas atuais (IPCC, 2007). Ainda, corroborando as indicações do IPCC de 1995, o documento de 2007 apontou que 76,7% dos gases do efeito estufa liberados por ações antrópicas correspondem ao CO<sub>2</sub>, e 7,9% decorrem de atividades da construção civil (IPCC, 2007).

Agopyan e John (2011) destacam a queima de combustíveis fósseis para fabricação e transporte de materiais, decomposição térmica do calcário e a extração e uso de madeira nativa como combustível ou material como as três principais fontes de emissões de GEE relativo aos materiais de construção. Nesse sentido, Burke e Keeler (2010) apresentam a redução das emissões de CO<sub>2</sub> pela construção civil como um grande desafio, visto que a

edificação e todas as fases do seu processo de construção estão entre os grandes responsáveis pelas emissões, e, em um futuro próximo, esse desafio se tornará uma necessidade, uma obrigação social e política indiscutível.

Essas mudanças representam, principalmente para os países emergentes, através de investimento em infraestrutura com consequente redução de emissões de carbono nos processos de produção, um potencial econômico a longo prazo, exigindo o empenho dos governos no desenvolvimento de legislações adequadas e formas de controle e fiscalização eficientes (DOW; DOWNING, 2007; MATTOS; GRANATO, 2010; VALLE, 2002).

No Brasil, a introdução dos conceitos de desenvolvimento sustentável na construção é recente, podendo-se considerar como marco inicial desse processo o simpósio do Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construções - CIB - sobre Construção e Meio Ambiente – da teoria para a prática, ocorrido em 2000. Entretanto, a formação de uma entidade a nível nacional surgiu somente sete anos depois, com a criação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), buscando desenvolver e implementar conceitos e práticas mais sustentáveis em todas as dimensões do desenvolvimento sustentável na cadeia produtiva da indústria da construção civil (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Em resposta, criou-se a Política Nacional sobre Mudanças do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, oficializando o compromisso nacional voluntário para a mitigação de emissões de gases causadores do aquecimento global excessivo, estabelecendo metas para 2020 (BRASIL, 2009). Essa mesma lei salienta a necessidade e objetiva compatibilizar o desenvolvimento econômico e social nacional às questões ambientais, bem como a mitigação das emissões antrópicas de diferentes fontes desses gases.

Desse modo, a realização de um inventário de emissões de GEE, além de possibilitar a autoavaliação de instituições e organizações e demonstrar a preocupação com questões ambientais, permite identificar de forma consistente as principais etapas de produção de um material onde deve-se mitigar o desprendimento desses gases, sobretudo o dióxido de carbono (FUJIHARA; LOPES, 2009). Apesar de ainda voluntário no Brasil, os autores defendem que essa quantificação deve fazer parte das atividades rotineiras de uma empresa ou organização (FUJIHARA; LOPES, 2009), afim de contribuir para o desenvolvimento da mesma em concordância com as necessidades vigentes no mercado e indústria a nível mundial.

Ainda, deve-se considerar que os impactos ambientais causados por um mesmo material podem variar, pois está condicionado a diversos fatores, como distâncias e modalidade de transporte, condições do uso durante a construção e práticas adotadas após a vida útil dos produtos (AGOPYAN; JOHN, 2011). Por isso, a avaliação do ciclo de vida integral de um produto é fundamental para que se obtenha a avaliação dos seus impactos de forma concreta e integral, o que requer dos sistemas de transformação da matéria prima e produção o investimento em pesquisas para obtenção de dados referentes ao assunto, ainda incipiente no Brasil.

A necessidade de sistemas de certificação ou de diretrizes de sustentabilidade compulsórios, antes mesmo de que haja a necessidade, e não opção, de uma construção menos impactante ambientalmente é defendida por Burke e Keeler (2010). De acordo com os autores, uma edificação sustentável representa qualidade do projeto e ambiente, fazendo com que as mudanças necessárias no setor por uma demanda ambiental influenciem positivamente o ambiente construído, beneficiando o usuário (BURKE; KEELER, 2010).

## 1.2. A Casa Popular Eficiente

A Casa Popular Eficiente (CPE), demonstrada nas Figuras 1 e 2, é um protótipo de habitação de interesse social (HIS) construído no Campus Sede da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), utilizando materiais e soluções sustentáveis, como tijolos de solo-cimento, telhas onduladas Tetra Pak, impermeabilizantes ecológicos, tintas de terra, entre outros (VAGHETTI et al., 2013). Ainda, foram implantadas medidas passivas de condicionamento térmico, reaproveitamento da água da chuva, aquecimento solar da água de banho e tratamento in loco das águas cinzas, buscando minimizar os impactos ambientais causados pela produção de energia elétrica e destinação de efluentes (VAGHETTI et al., 2013).



Figura 1. Perspectiva frontal da Casa Popular Eficiente



Figura 2. Perspectiva lateral da Casa Popular Eficiente

Resultado de uma extensa pesquisa iniciada em 2008 na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA Santa Maria/ Curso de Arquitetura e Urbanismo) e continuada pelo Grupo de Estudos e Pesquisas em Tecnologias Sustentáveis (GEPETECS) do Curso de Engenharia Civil da UFSM, o protótipo, foi inaugurado em 2013, demonstrando a possibilidade e viabilidade da construção de HIS que contemple em sua integridade soluções econômicas e ecologicamente sustentáveis (VAGHETTI; SANTOS; CARISSIMI, 2015).

## 2. OBJETIVOS

Visando difundir o conhecimento e uso de materiais de construção menos agressivos ao meio ambiente, o presente trabalho busca quantificar de forma estimada as emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais de construção empregados na construção do protótipo da CPE, utilizando como referencial de comparação as quantificações estimadas de uma residência projetada com materiais usuais da construção civil brasileira, também realizadas pelo estudo apresentado. Atribui-se, assim, para os resultados a função da quantificação desse gás como um indicador de sustentabilidade na dimensão ambiental.

## 3. METODOLOGIA

Nesse trabalho, a identificação de emissões de CO<sub>2</sub> associadas aos materiais construtivos ocorre por meio do método QE-CO<sub>2</sub>, proposto por Costa (2012). A escolha por essa ferramenta de quantificação de CO<sub>2</sub> baseou-se no desenvolvimento da mesma para os materiais da construção civil em um contexto nacional, e considera na contagem as fases de extração das matérias primas, transporte e produção de materiais empregado em uma edificação.

O método QE-CO<sub>2</sub> foi criado a partir de dados do IPCC, da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (UNFCCC), da 2ª Comunicação Nacional do Brasil, do Balanço Energético Nacional, de artigos científicos, de associações, de fabricantes e das metodologias já existentes a nível mundial (COSTA, 2012). O procedimento foi dividido em

três níveis, que utilizam como premissa uma fórmula geral (equação 1), adaptativa para particularidades de cada material, e são determinados pela quantidade e qualidade dos dados disponíveis para determinado material, resultando em dados com diferentes precisões.

$$Emissões_{MT1,j} = QT_j \times FP_j \times (Emissões_{TR1,i} + Emissões_{EN1,i}) \quad (1)$$

Onde:

- $Emissões_{MT1,j}$ : emissões de CO<sub>2</sub> devido a utilização do produto j em edificações, em toneladas de CO<sub>2</sub>
- $QT_j$ : quantidade de produto j necessária na obra, em toneladas
- $FP_j$ : fator de perda do produto j, adimensional
- $Emissões_{TR1,i}$ : emissões de CO<sub>2</sub> devido ao consumo da energia i para o transporte de matérias primas e do produto j para a edificação, em toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de produto j
- $Emissões_{EN1,i}$ : emissões de CO<sub>2</sub> devido ao consumo da energia i para extração e processamento do produto j necessário na edificação, em toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de produto j

Para aplicação no presente trabalho, o Nível Básico foi executado, baseando-se em dados médios, sem detalhamento, a nível nacional de consumos energéticos e composição química dos materiais, além de meio de transporte e/ou distâncias indeterminados, produzindo estimativas menos precisas de emissões de CO<sub>2</sub>. Assim, esse nível é utilizado quando pode-se determinar de forma precisa somente a quantidade de material empregado em uma determinada obra, e dados como fatores de perda (FP) e fatores de emissões de CO<sub>2</sub> de um produto no Brasil (FEPj) são retirados do conjunto de dados compilados pelo autor (COSTA, 2012).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Características das edificações a serem analisadas

A CPE localiza-se no Centro de Eventos da UFSM, no bairro Camobi, na cidade de Santa Maria - RS. Com a construção concluída em 2013 e com sistemas passivos de conforto térmico contemplados pelo projeto arquitetônico, a edificação térrea possui área útil de 55,42m<sup>2</sup>, distribuídos entre sala de estar, cozinha, área de serviço, um banheiro e dois dormitórios, como observa-se nas figuras 3 e 4 (VAGHETTI et al., 2013).



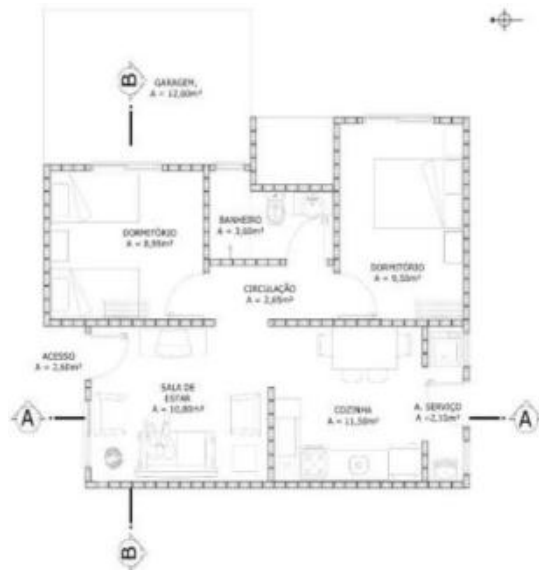


Figura 3. Planta baixa arquitetônica da Casa Popular Eficiente – Sem escala



Figura 4. Corte BB da Casa Popular Eficiente – Sem escala

De acordo com o Memorial Descritivo do projeto, a fundação da edificação do tipo radier possui área de 103,125 m<sup>2</sup> e 10 cm de espessura, e construída acima de uma camada de nivelamento de 7cm de brita, com concreto usinado de resistência característica à compressão de 25 MPa. A armação da estrutura é composta por uma malha dupla de 15 cm x 15 cm com aço de  $\phi$  10 mm. A superestrutura foi executada em acordo com as recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2013), utilizando o concreto usinado de iguais características à fundação, sendo preparado, lançado e adensado mecanicamente.

Tijolos ecológicos de solo-cimento (25 cm x 12,5 cm x 3,6 cm), um tipo de bloco de terra comprimida (BTC), compõe as paredes da edificação, sendo utilizados 64 unidades para cada metro quadrado de área. Os blocos, constituídos por 88% de saibro e 12% de cimento comprimidos em prensa hidráulica e curados com água, possuem resistência de 3 Mpa, e foram assentados com cola PVA à base de água devido à característica de encaixe.

No piso, utilizou-se PVC reciclado, de dimensões 15,24 cm x 91,44 cm x 0,5 cm, e o forro foi executado com Painéis de Tiras de Madeira Orientadas (OSB) de 2,5 m x 1,25 m x 0,01 m, um tipo de painel estrutural de madeira, de alta resistência mecânica e rigidez. A cobertura é composta por telhas onduladas Tetra Pak, possuindo em sua composição 75% plástico, 23% alumínio e 2% de fibras naturais. Em relação às esquadrias, utilizou-se madeira de *Eucalyptus grandis*.

Para que fosse possível analisar a redução das emissões de CO<sub>2</sub> da CPE devido à implementação de materiais alternativos/sustentáveis, foi necessário estimar também as emissões de dióxido de carbono de uma edificação de mesmo projeto arquitetônico. Nomeada no presente trabalho como residência padrão, o projeto dessa edificação genérica prevê a utilização de materiais usuais na construção de residências populares brasileiras.

Assim, os materiais utilizados no projeto da CPE, tijolo solo-cimento, telha ecológica Tetra Pak, forro de OSB, piso de PVC reciclável e esquadrias em *Eucalyptus grandis*, são respectivamente substituídos por tijolo de cerâmica vazado, telha de cerâmica, forro de PVC, piso de placas cerâmicas e esquadrias de alumínio. Os materiais constituintes da fundação e supraestrutura permanecem os mesmos.

Logo, os materiais escolhidos para a análise compreendem aqueles utilizados para a construção da fundação, dos fechamentos verticais, telhas, esquadrias e dos elementos de acabamento horizontais, como forro e piso.

#### 4.2. Quantificação estimada das emissões de CO<sub>2</sub> das edificações apresentadas a partir do método QE-CO<sub>2</sub> de Costa (2012) em seu nível básico

Para a estimativa de emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais da CPE, utilizando o Nível Básico do Método QE-CO<sub>2</sub>, foi necessária uma coleta de dados em sites e catálogo de fabricantes, e as perdas em obra foram desconsideradas, utilizando-se assim o FP em obra calculado por Costa (2012). Devido à falta de dados referentes às telhas Tetra-Pak, a investigação a respeito das emissões pela energia gasta para produção e transporte das mesmas foi necessária.

Ademais, a quantificação dos materiais da CPE e residência padrão foi obtida através de medições e cálculos em projeto, levando em consideração a densidade e peso específico dos materiais, quando indisponível na Literatura. Os FPs não apresentados por Costa (2012) foram buscados na Literatura, em catálogos e sites de fabricantes, e quando não encontrados, foram considerados nulo, como o do material *Eucalyptus grandis*.

De acordo com Costa (2012), quando os dados disponíveis a nível nacional referentes ao consumo de energia, transporte e/ou composição química dos materiais são de valores médios, não específicos e detalhados, deve-se utilizar a equação 1. Já quando, além de se ter disponível somente valores limitados para os dados citados, não se tem informações consistentes acerca do tipo de transporte utilizado e distâncias percorridas entre os locais de extração, produção e consumo do material, deve-se utilizar a equação 2.

$$Emissões_{MT,j} = QT_j \times FP_j \times FEP_j \quad (2)$$

Onde:

- $QT_j$  = quantidade de produto  $j$  necessária na obra, em toneladas
- $FP_j$  = fator de perda do produto  $j$ , adimensional;
- $FEP_j$  = fator de emissão de CO<sub>2</sub> devido a utilização do produto  $j$  em edificações, em toneladas de CO<sub>2</sub> / tonelada de produto acabado.

Ainda, para calcular os dados referentes às telhas Tetra Pak, somaram-se os resultados das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na fase de transporte e energia de produção, a partir de cálculos indicados pelo método de Costa (2012). Assim, a partir de dados do fabricante, cada tonelada de produto acabado das telhas Tetra Pak emite aproximadamente 0,033 toneladas de CO<sub>2</sub>.

A quantificação dos materiais analisados e as emissões de CO<sub>2</sub> decorrentes da utilização dos materiais na Casa Popular Eficiente estão apresentados na Tabela 1. Já os resultados para a residência padrão encontram-se dispostos na Tabela 2.

Tabela 1. Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais utilizados na CPE

CASA POPULAR EFICIENTE							
VOLUME	UN.	FP (%)	MATERIAL	FEP	UNIDADE	Emissões de CO <sub>2</sub> sem FP (tCO <sub>2</sub> )	Emissões de CO <sub>2</sub> com FP (tCO <sub>2</sub> )
32,236	t	17	Tijolos de solo-cimento	0,6518	tCO <sub>2</sub> /t produto	2,521	2,95
0,511	t	8	Telha ecológica Tetra Pak	0,0434	tCO <sub>2</sub> /t produto	0,022	0,024
0,539	m <sup>3</sup>	15	Forro de OSB	0,3312	tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,179	0,205
0,288	t	10	Piso de PVC reciclável	0,615	tCO <sub>2</sub> /t produto	0,177	0,195

2,653	t	56	Cimento	0,6518	tCO <sub>2</sub> /t produto	1,729	2,698
1,71	t	11	Aço	1,845	tCO <sub>2</sub> /t produto	3,156	3,503
25,159	t	9	Agregados graúdos	0,086	tCO <sub>2</sub> /t produto	2,164	2,358
8,52	t	7	Agregados miúdos	0,086	tCO <sub>2</sub> /t produto	0,733	0,784
0,048	m <sup>3</sup>	0	Esquadrias <i>Eucalyptus grandis</i>	0,4086	tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,048	0,02
TOTAL (em tCO <sub>2</sub> )						10,7	12,737

Tabela 2. Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais utilizados na residência padrão

RESIDÊNCIA PADRÃO							
VOLUME	UN.	FP (%)	MATERIAL	FEP	UNIDADE	Emissões de CO <sub>2</sub> sem FP (tCO <sub>2</sub> )	Emissões de CO <sub>2</sub> com FP (tCO <sub>2</sub> )
32,236	t	17	Tijolos de cerâmica vazados	0,111	tCO <sub>2</sub> /t produto	3,578	4,187
0,511	t	8	Telha de cerâmica	0,111	tCO <sub>2</sub> /t produto	0,057	0,062
0,539	m <sup>3</sup>	15	Forro de PVC	0,615	tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,331	0,348
0,288	t	10	Piso de placas cerâmicas	0,187	tCO <sub>2</sub> /t produto	0,054	0,064
2,653	t	56	Cimento	0,6518	tCO <sub>2</sub> /t produto	1,729	2,698
1,71	t	11	Aço	1,845	tCO <sub>2</sub> /t produto	3,156	3,503
25,159	t	9	Agregados graúdos (brita 1)	0,086	tCO <sub>2</sub> /t produto	2,164	2,358
8,52	t	7	Agregados miúdos (areia)	0,086	tCO <sub>2</sub> /t produto	0,733	0,784
0,048	m <sup>3</sup>	0	Esquadrias de Alumínio	4,441	tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	0,214	0,214
TOTAL (em tCO <sub>2</sub> )						12,016	14,218

Os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2 demonstram que o uso de tijolos de solo cimento mostrou-se mais eficaz quanto ao desprendimento de CO<sub>2</sub>, impedindo que mais de uma tonelada de CO<sub>2</sub> fosse emitida para a atmosfera em comparação com o uso de tijolos cerâmicos vazados. Da mesma forma, a substituição das telhas em cerâmica por telhas Tetra Pak demonstrou ser bastante significativa quanto aos impactos gerados por essa análise, diminuindo em 35 kgCO<sub>2</sub>/t as emissões entre elas.

O forro em OSB também resultou ser menos prejudicial ao ambiente em comparação ao forro de PVC. Enquanto aquele emitiu 0,178 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, o de PVC emitiu aproximadamente o dobro, 0,331 tCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Em relação as esquadrias, as fabricadas em *Eucalyptus grandis* produziram 19,7 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> de emissões, enquanto que aquelas produzidas com alumínio somaram 214,4 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. Já os resultados para o piso demonstraram menores emissões para o de placas cerâmicas, utilizado na residência padrão e contabilizando 54 kgCO<sub>2</sub>/t, em comparação com 177 kgCO<sub>2</sub>/t do piso em PVC reciclado.

A respeito das emissões referentes à fundação e supraestrutura, considerando que ambas as residências possuem estruturas idênticas, o aço demonstrou ser o material que promove maiores emissões à atmosfera em relação aos agregados graúdos, cimento e agregados miúdos, contabilizando respectivamente 3,156 tCO<sub>2</sub>/t, 2,164 tCO<sub>2</sub>/t, 1,729 tCO<sub>2</sub>/t e 0,733 CO<sub>2</sub>/t. Entretanto, para a contabilização específica das emissões totais para uma tonelada de fundação acabada, por exemplo, é necessário calcular o quantitativo de materiais para a mesma.

Quando contabilizados os FPs de cada material, a diferença entre o total de emissões entre a CPE e a residência padrão é ainda maior, de 1,316 tCO<sub>2</sub> da diferenciação sem FP para

1,481 tCO<sub>2</sub>. Esse fato demonstra o potencial de redução de emissões de GEE quando se atribui à uma construção o uso de materiais alternativos de menor impacto ambiental. Desse modo, as quantificações das emissões dos materiais analisados totalizaram 12,737 tCO<sub>2</sub> para a CPE, e 14,218 tCO<sub>2</sub> para a residência padrão, considerando-se os fatores de perda de cada material.

## 5. DISCUSSÕES

De acordo com os resultados apresentados, considerando-se o fator de perda de cada material, percebe-se que o uso de BTC de solo-cimento reduz em 29,5% as emissões de CO<sub>2</sub> quando comparado à quantificação com tijolos cerâmicos. Acredita-se que essa redução se deve, principalmente, à diferença entre os processos de fabricação dos mesmos, considerando que o BTC é produzido a partir da mistura de solo específico com uso do cimento para estabilização, sendo comprimido em prensa manual ou hidráulica, não utilizando o processo de queima como tijolo cerâmico.

Da mesma forma, o uso de telhas ecológicas Tetra Pak foi 61,3% menor em relação as telhas de cerâmica, considerando para a fabricação da primeira dois a três mil embalagens longa vida reaproveitadas (NUNES, 2012), sem a utilização em massa de matéria prima virgem e não necessitando do processo de queima utilizado na fabricação da segunda opção.

Em relação aos forros, o de OSB demonstrou um desprendimento de CO<sub>2</sub> 41,1% menor em relação ao forro de PVC. Essa redução explica-se pela composição em madeira do forro OSB diferente da dos materiais utilizados na fabricação do PVC (policloreto de vinila), sendo produzido com 57% de sal marinho e 43% de matéria prima proveniente do petróleo (PIVA; WEIBECK, 2004).

Uma das diferenciações mais significativas foi identificada nas esquadrias, mostrando a vantagem na utilização de esquadrias em madeira, revelando a quantificação estimada de CO<sub>2</sub> mesma, feita com *Eucalyptus grandis*, 90,65% menor que a produzida com alumínio. Entretanto, deve-se salientar que a comparação dos impactos ambientais foi realizada utilizando-se como critério somente o desprendimento de CO<sub>2</sub>, desconsiderando qualquer influência de fatores como vida útil e manutenção dos materiais.

Ainda, o piso de PVC reciclável, utilizado na CPE apresentou 0,177 tCO<sub>2</sub> de emissões, enquanto que o piso de placas cerâmicas emitiu 0,054 tCO<sub>2</sub>, resultando em um desprendimento de 204,7% a mais de CO<sub>2</sub>. No entanto, é necessário considerar que o piso de PVC é produzido com 67% de material reciclado, reduzindo o uso de matérias primas virgens, devendo ser considerado como uma opção de material de menor impacto ambiental.

Considerando a infraestrutura de ambas as casas idênticas e projetadas com igual composição, o cimento, aço, agregados graúdos (brita um) e agregados miúdos (areia) possuem a mesma quantificação de emissões. Observa-se então, que a infraestrutura foi responsável por 72,7% das emissões totais da CPE e por 64,7% das emissões da residência padrão.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados expressados pelo presente estudo revelam que a utilização de materiais denominados alternativos pelo mercado, que consideram a influência da produção nos impactos para o meio ambiente, é potencialmente eficaz para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> dos materiais de construção para a atmosfera, um dos fatores mais influentes para a intensificação do processo de aquecimento global.

Considerando-se essa afirmação, a inserção no mercado de conceitos e práticas que visam a promoção e execução dos princípios da sustentabilidade ambiental é uma demanda internacional, e exige de todos os países o envolvimento e compromisso com ações de mitigação ou postergação dos impactos ambientais locais. Nesse sentido, a construção civil é vista como uma área em potencial para a redução das emissões dos GEE, através do desenvolvimento de tecnologias e práticas responsáveis, principalmente no que diz respeito aos processos produtivos dos materiais da construção.

Desse modo, o incentivo à produção de materiais mais duráveis que os disponíveis atualmente no mercado; que utilizem materiais de reciclagem incorporados à produção; com criteriosa avaliação das condições de extração de matéria prima e distâncias percorridas durante o processo são algumas ações a serem consideradas para que, ao final da fabricação, os produtos consigam, de fato, atuar como agentes colaboradores da atenuação dos impactos ambientais.

Ainda, para que haja a verdadeira incorporação desses materiais no mercado da construção civil, é fundamental a conscientização e validação das recorrentes preocupações ambientais por investidores e usuários. Assim, essa incorporação poderia se tornar um processo comum e natural, a partir de uma necessidade, e não mais alternativo, diferenciado e opcional, como ainda é considerado atualmente.

Para isso, a ação enfática do Estado é fundamental, atuando tanto na conscientização dos agentes do setor da construção e usuários, como na elaboração de iniciativas relacionadas ao processo produtivo dos materiais de construção. Dessa forma, podem ser vistas como opções de inserção compulsória nesses processos a avaliação do ciclo de vida (ACV) de um produto; quantificação de emissões de CO<sub>2</sub>; a avaliação de gastos energéticos de um material; entre outros, estando de acordo com índices e recomendações estabelecidos por normativas e legislações a serem melhores desenvolvidas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agopyan, V.; John, V. M. (2011). *O desafio da sustentabilidade na construção civil. Série Sustentabilidade – V. 5. São Paulo: E. Blucher.*
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. (2013). *NBR 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.*
- Brasil. (2009). *Lei nº 12.187, de 29 de Dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm)*
- Burke, B.; Keeler, M. (2010). *Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis. Porto Alegre: Bookman.*
- Costa, B. L. C. (2012). *Quantificação das emissões de CO<sub>2</sub> geradas na produção de materiais utilizados na construção civil no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, Brasil.*
- Dias, G. F. (2002). *Pegada ecológica e sustentabilidade humana. São Paulo: E. Gaia.*
- Dow, K.; Downing, T. E. (2007). *O atlas da mudança climática: o mapeamento completo do maior desafio do planeta. Tradução de Vera Caputo. São Paulo: Publifolha.*
- Du Plessis, C. (2002). *Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries. Pretoria: CSIR Building and Construction Technology.*
- Fujihara, M.A.; Lopes, F. G. (2009). *Sustentabilidade e mudanças climáticas: guia para o amanhã. São Paulo: Senac São Paulo.*
- Gan, V. J. L. et al. (2017). *Developing a CO<sub>2</sub>-e accounting method for quantification and analysis of embodied carbon in high-rise buildings. Journal of Cleaner Production. [s. l.], v. 141, p. 825–436.*



- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (1995). *Climate Change 1995: IPCC Second Assessment. A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* [S.l.: s.n.]. Disponível em <https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Reino Unido e Nova York: Cambridge University Press. Disponível em [ [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4\\_wg1\\_full\\_report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf).
- Li, D. Z. et al. (2013). *A methodology for estimating the life-cycle carbon efficiency of a residential building.* *Building and Environment.* [s. l.], v. 59, p. 448–455.
- Li, L., Chen, K. (2017). *Quantitative assessment of carbon dioxide emissions in construction projects: A case study in Shenzhen.* *Journal of Cleaner Production.* [s. l.], v. 141, p. 394–408.
- Mattos, N. S.; Granato, S. F. (2010). *Terra em alerta.* 1ª ed. São Paulo: Saraiva.
- Nunes, M.B. (2012). *Impactos ambientais na indústria da cerâmica vermelha. Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro – REDETEC. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas- SBRT.* Disponível em <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTcwNQ==>.
- Pereira, M. F. B. (2014). *Conteúdo Energético e Emissões de CO2 em coberturas verdes, de telha cerâmica e de fibrocimento: Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).* Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, Brasil.
- Piva, A. M.; Weibeck, H. (2004). *Reciclagem do Plástico – como fazer da reciclagem um negócio lucrativo.* São Paulo: Artiliber.
- Rasmussen et al. (2018). *Analysing methodological choices in calculations of embodied energy and GHG emissions from buildings.* *Energy and Buildings.* [s. l.], v. 158, p. 1487–1498.
- Rothschild, D. (2007). *Manual Live Earth de sobrevivência ao aquecimento global: 77 táticas essenciais para frear as mudanças climáticas ou sobrevive a ela.* Barueri: Manole.
- Vagheti, M. A. O.; Santos, J. C. P.; Carissimi, E. (2015). *Casa popular eficiente: uma proposta de moradia de baixo custo e sustentável.* In: *Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 1, Guimarães. Euro-ELECS 2015: Anais...* Guimarães: Euro-ELECS. Disponível em [http://civil.uminho.pt/euro-elecs-2015/files/Euro-ELECS\\_2015-Proceedings\\_Vol3.pdf](http://civil.uminho.pt/euro-elecs-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol3.pdf).
- Vagheti, M.A.O. et al. (2013). *Casa Popular Eficiente: um benefício ambiental aliado a um custo mínimo. Projeto de Pesquisa (Protocolo GAP/CT nº 28582).* Santa Maria: UFSM.
- Valle, C. E. (2002). *Qualidade ambiental: ISO 14000.* São Paulo: Editora Senac São Paulo.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, à UFSM e ULBRA-Santa Maria pelo apoio prestado e condições dadas para a realização da presente pesquisa.

## EVALUATION OF SUSTAINABILITY IN CONSTRUCTION SITE IN THE BRAZILIAN AMAZON

Allan Veiga Brito Tourinho ([tourinhoallan@gmail.com](mailto:tourinhoallan@gmail.com)); Herberte da Rocha Carvalhal ([herberte.rocha@hotmail.com](mailto:herberte.rocha@hotmail.com)); Luiz Maurício Furtado Maués ([maues@ufpa.br](mailto:maues@ufpa.br)); Wylliam Santana ([wylliam.santana@ifpa.edu.br](mailto:wylliam.santana@ifpa.edu.br))

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil (UFPA-FEC) - Brazil  
Instituto Federal do Pará, Curso Técnico em Edificações (IFPA) - Brazil

**Palavras chave:** sustentabilidade, canteiro de obras, construção civil.

*Aplicar ações sustentáveis na construção civil é uma condição essencial para o desenvolvimento sustentável da nossa sociedade, já que este é um dos setores que mais gera impactos negativos ao meio ambiente, seja pelo consumo excessivo de materiais, água e energia ou pelo alto índice de geração de resíduos e poluições. A preocupação com a sustentabilidade nos seus processos, alicerçado nos três componentes básicos: social, econômico e ambiental, inicia-se com planejamento do canteiro e perdura até o descarte final dos resíduos gerados pelos processos executivos. O presente artigo tem por objetivo identificar se as empresas construtoras estão implantando ações sustentáveis nos canteiros de obras, para assim, avaliar o nível de sustentabilidade. O estudo foi realizado em 8 obras, 2 do tipo comercial, 2 de infraestrutura, 2 reformas e 2 do tipo residencial multifamiliar, situadas na região metropolitana de Belém/PA, onde foram aplicados questionários aos responsáveis pelas obras durante as visitas aos canteiros e realizado um levantamento fotográfico, com o intuito de ratificar e comparar as informações obtidas. Como principais resultados, observou-se que, apesar de somente 50% das obras visitadas apresentarem projetos de gerenciamento de resíduos, 87,5% destas apresentam canteiros com bom ou ótimo nível de práticas sustentáveis e o pior canteiro apresentou um indicador de 43%, classificando-o como um canteiro de poucas práticas sustentáveis.*

### 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil tem fundamental importância no desenvolvimento do nosso país. É através dele que são gerados milhões de empregos e renda, e influencia também diretamente na arrecadação do governo. Segundo Figueirêdo (2017), estima-se que são mais de 12,5 milhões de postos de trabalho diretos, indiretos e informais no setor que movimentam 6,2% do PIB do Brasil, o qual tem o total R\$ 5,7 trilhões. E que a cada R\$ 100 investidos, R\$ 25 voltam para os cofres públicos como impostos. Resumindo-se assim, como um dos principais fatores que movimentam nossa economia.

Devido à sua grande cadeia produtiva, a indústria da construção é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais, gerando um grande impacto ao meio ambiente. Segundo Salles (2013), estima-se que internacionalmente entre 40% a 75% dos recursos naturais existentes são consumidos por esse setor, resultando assim, em uma enorme geração de resíduos, e que só no Brasil, a construção gera cerca de 25% do total de resíduos da indústria.

Desta forma, o setor da construção civil torna-se peça chave para o atendimento dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável. Pois a mesma é uma das que mais gera resíduos em suas etapas construtivas, e desta maneira causa diversos impactos ambientais ao depositá-los na natureza (SALLES, 2013). Destarte, aplicar práticas sustentáveis nos processos construtivos, principalmente no canteiro de obras, é indispensável para a diminuição do consumo de recursos naturais e ao aumento do reaproveitamento dos

mesmos, garantindo assim, uma efetiva consciência com a preservação do meio ambiente e uma melhor qualidade de vida para futuras gerações.

### 1.1. Referencial Teórico

Etimologicamente, a palavra sustentável tem origem no latim “sustentare”, que significa “conservar”, “apoiar” e “sustentar”. Para Schweigert (2007), Sustentabilidade é considerado como algo bom, concordante e almejado, podendo ser afirmada como uma nova ordem de eficiência econômica que beneficia todos os cidadãos. Em 1987, a publicação “Our common future” definiu o desenvolvimento sustentável como a capacidade de o ser humano ter um consumo consciente dos recursos naturais e da produção moderada de resíduos, preservando, assim, o meio ambiente para não comprometer as necessidades das gerações futuras (GAUZIN-MULLER, 2002).

O conceito de sustentabilidade é alicerçado sob três pilares fundamentais, também conhecidos como “TRIPLE BOTTOM LINE”, são eles: o ambiental, o econômico e o social. Pode-se dizer que é ecologicamente correto, pois leva em consideração a importância do meio ambiente para futuras gerações. Economicamente viável, por apresentar preço de mercado justo e competitivo. E socialmente justo, por promover o equilíbrio e o bem-estar da sociedade (ALMEIDA, 2002; MOURA, 2002). Sendo assim, é imprescindível a junção desses três pilares para alcançar plenamente o conceito proposto pela sustentabilidade.

Segundo os conceitos de sustentabilidade propostos, deve-se aplicar no âmbito da construção civil práticas construtivas sustentáveis. De acordo com o Green Building Council Brasil, um projeto sustentável médio poderá reduzir em 40% o uso de água, 35% o CO<sub>2</sub> e 65% o desperdício. Essas práticas envolvem todo o processo construtivo, tornando-se essencial no início da viabilização do canteiro, pois é nessa fase que ocorre uma parcela significativa dos impactos ambientais negativos (ARAÚJO, 2009). Essa etapa destaca-se, também, como o momento chave para disseminar os fundamentos da sustentabilidade por toda a cadeia (GEHLEN, 2008).

Segundo Quelhas e Lima (2006), para um canteiro ser considerado sustentável é necessário que os fatores ambientais, sociais, econômicos e culturais da sustentabilidade, estejam inseridos em todo o processo executivo da obra. Para Ramos (2015), um canteiro sustentável é planejado e implantado para conter desperdícios de materiais e recursos naturais. Assim como, diminuir a geração de ruídos, a poluição do ar e os transtornos para o acesso à área construída, ou seja, minimizar os impactos negativos da construção sobre trabalhadores, visitantes e moradores do entorno.

Neste estudo, utilizou-se um questionário para avaliar as práticas sustentáveis aplicadas por algumas empresas em seus canteiros de obra. Desta forma, classificou-se por níveis de sustentabilidade (A, B, C e D) dependendo do percentual de práticas aplicadas, considerando como parâmetros estas principais categorias: Consumo de materiais, Consumo de água e energia, Relação com Entorno, Resíduos e Poluição.

## 2. OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo é avaliar e classificar os canteiros quanto ao seu nível de práticas sustentáveis, atribuindo níveis de qualidade aos mesmos.

## 3. METODOLOGIA

Esta pesquisa, de caráter exploratório, caracteriza-se pelo estudo de múltiplos casos na região metropolitana de Belém. Buscando observar, de maneira geral, as práticas sustentáveis e as ações gerenciais adotadas nos diversos tipos de empreendimentos em execução na cidade, foram visitadas 2 obras do tipo residencial multifamiliar, 2 de reformas, 2 do tipo comercial e 2 de infraestrutura, totalizando 8 obras. As reformas foram realizadas

em 2 escolas, uma localizada no centro e outra na periferia da cidade. Os residenciais multifamiliares são edifícios multipavimentos, ambos com apenas uma torre, apresentando 30 e 14 pavimentos. As obras de infraestrutura são obras públicas, sendo uma voltada para a revitalização da área portuária e a outra relativa ao prolongamento de importante via da cidade. As obras comerciais são relativas à construção de 2 torres com salas comerciais e a outra à ampliação de hospital.

Buscou-se caracterizar os canteiros, coletando informações como a área total construída e o número de unidades ou pavimentos construídos. Assim como, caracterizando as empresas por ramo de atuação, tempo de mercado e números de funcionários em seus quadros. Apesar de ter sido visitado um total de 14 obras, essas 8 foram as únicas que demonstraram interesse pela pesquisa e permitiram o acesso a seus canteiros, o que explica este número reduzido de obras avaliadas.

Para tal análise, durante a visita foi aplicado um questionário aos gestores de cada obra. Procurando entrevistar os responsáveis residentes das execuções das obras, assim como saber suas formações, cargos e tempo de atuação no mercado de trabalho.

O questionário foi elaborado tendo como referências os trabalhos dos autores Zeule (2014), Araújo (2009) e Coutinho (2013). Inicialmente, este questionário foi aplicado em um canteiro de obra, com o objetivo de validação do mesmo, logo em seguida foram efetuadas as modificações necessárias para melhorar a aplicabilidade do mesmo ao objetivo do trabalho (anexo 01). Após esta etapa e com questionário já adaptado, foram realizadas as visitas aos canteiros. Foi realizado, também, um levantamento fotográfico, onde foi possível observar as reais condições do canteiro para futuro confronto com os dados obtidos durante a entrevista.

O questionário foi dividido em duas partes, na primeira, caracterizou-se o canteiro, a empresa e o entrevistado, a partir do qual se coletou informações importantes, como: dimensão da obra, tempo de atuação da empresa no mercado, quantidade de operários e verificação de certificação de qualidade. Na segunda parte, foram verificadas as questões relativas à sustentabilidade, foram feitas 33 perguntas divididas em 5 categorias (consumo de materiais, consumo de água e energia, relação com o entorno, resíduos e poluição). As perguntas, apresentadas de maneira simples e direta com apenas duas alternativas (Sim ou Não), referem-se à preocupação na redução do consumo de água e de energia, no gerenciamento dos resíduos gerados, na diminuição da poluição causada, no relacionamento saudável e seguro com o entorno e na política de educação ambiental dentro dos canteiros.

Buscando elaborar o perfil do canteiro e visando uma futura comparação entre eles, foi estabelecido um critério avaliativo, no qual foi estabelecido níveis de sustentabilidade em função do percentual de práticas empregadas pela empresa, como ilustrado no quadro 1.

Quadro 14. Classificação dos canteiros de obras.

NÍVEL	CLASSIFICAÇÃO	PORCENTAGEM ATENDIDA
A	Canteiro com ótimo nível de práticas sustentáveis.	76% a 100%
B	Canteiro com bom nível de práticas sustentáveis.	51% a 75%
C	Canteiro com poucas práticas sustentáveis.	26% a 50%
D	Canteiro não sustentável.	0% a 25%

Fonte: Nascimento e Jesus, 2016 (Adaptado).

Após a compilação dos dados, tem-se uma ideia do nível de comprometimento das empresas com a questão da sustentabilidade, suas práticas sustentáveis e cultura organizacional. Além disso, tem-se uma percepção da influência do tipo de obra na cultura

sustentável dentro de um canteiro, por meio da comparação dos índices obtidos neste trabalho.

## 4. RESULTADOS

Além dos dados gráficos, serão apresentadas imagens como forma de ilustrar tudo que foi observado nos diversos canteiros de obras visitados.

### 4.1. Consumo de materiais

Utilizar materiais de procedência legal, além de garantir a qualidade e a segurança dentro das construções civis, é uma questão que necessita de uma atenção diferenciada, principalmente na região Amazônica, a qual detém grandes índices de exploração ilegal de madeira, devido à dificuldade de fiscalização por conta da vasta extensão territorial. Sabendo disto, buscou-se abordar questões referentes à procedência dos materiais adquiridos e a reutilização de componentes das instalações provisórias.

No geral, este foi o quesito que apresentou o melhor resultado entre as empresas alvo da pesquisa, o que demonstra a preocupação com o cumprimento das leis ambientais e principalmente, o conhecimento por parte de seus gestores, o quanto custa economicamente para a empresa reaproveitar materiais das instalações provisórias em outras frentes de serviço e em outras obras.

Somente uma empresa não alcançou o grau máximo, informando não saber a procedência da madeira e da areia utilizadas no canteiro. Excetuando-se essa, todas as outras alegaram que selecionam e contratam somente aqueles fornecedores licenciados, inclusive algumas dessas são obrigadas a apresentar a documentação dos fornecedores aos seus contratantes antes do início da execução da obra, o que nos leva a confiar na veracidade das informações e nos altos índices obtidos.

### 4.2. Consumo de água e energia

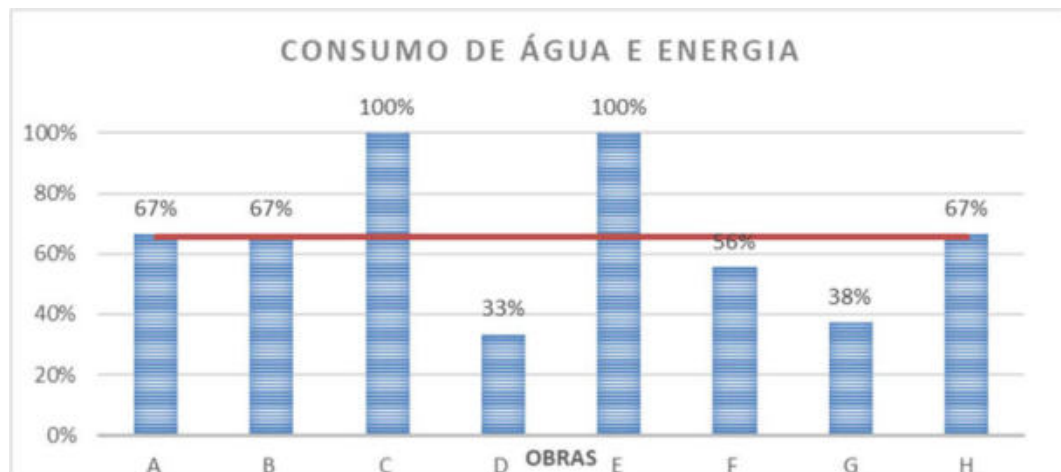
Neste tópico abordou-se as seguintes questões:

- a. utilização de equipamentos hidráulicos com tecnologia e componentes economizadores;
- b. utilização de fontes alternativas de captação de águas pluviais para fins não potáveis;
- c. instalações provisórias com possibilidade de reaproveitamento em outros canteiros;
- d. realização de inspeções preventivas no equipamentos hidráulicos como prevenção do desperdício;
- e. utilização de lâmpadas mais eficientes e econômicas;
- f. realização de palestras de conscientização sobre redução de consumo e desperdício;
- g. utilização de sensores de presença;
- h. priorização da ventilação e iluminação natural no canteiro;
- i. existência de poço artesiano para abastecimento.

Resultados obtidos pela média de todos os requisitos deste tópico estão ilustrados na figura 1:

Figura 51. Porcentagem de boas práticas no âmbito consumo de água e energia.





Fonte: Os autores.

Nota-se que 2 empresas conseguiram implantar em seus canteiros todas as boas práticas abordadas no questionário e apenas 2 não aplicaram nem a metade dos itens abordados nesta análise. Esses dois piores índices foram apresentados pelas empresas D e G que estavam realizando serviço de reforma em duas escolas, a curta duração desse tipo obra comparado aos demais, possivelmente, influenciou a não implantação de métodos ou ações que possibilitassem uma redução no consumo de recursos. Evidencia-se que essas obras de reforma eram em escolas públicas, onde a água e a energia utilizadas nos canteiros eram fornecidas pela própria escola, o que caracteriza um descaso maior em termos de conscientização do consumo por parte das empresas construtoras.

Em relação à questão da utilização de fontes alternativas de captação de águas pluviais, observou-se que apenas 50% das obras tiveram a preocupação em utilizar esse meio para fins não potáveis, como: lavagem de ferramentas e de equipamentos, irrigação de áreas verdes e limpeza em geral. Essas empresas, em sua maioria, utilizaram métodos simples e de baixo custo para captação de recurso, aproveitando as intensas e quase diárias chuvas na região, como mostra a figura 2.

Figura 52. Captação de água da chuva através de calha.



Fonte: Os autores.

A empresa E, além de utilizar a água da chuva, implantou um sistema de captação de água gerada pelos inúmeros aparelhos condicionadores de ar instalados pelo canteiro, demonstrando uma seriedade na gestão sustentável de seu empreendimento. Essa prática não foi observada em nenhum outro canteiro visitado.

A empresa H, mesmo não conseguindo atingir o nível de excelência nesse tópico, apresentou um sistema de qualidade interessante, o qual aplica objetivos, indicadores e metas para cada processo. Este sistema estima o consumo de água e energia durante toda a obra e mensalmente é feita uma análise destes números. Quando ocorre uma

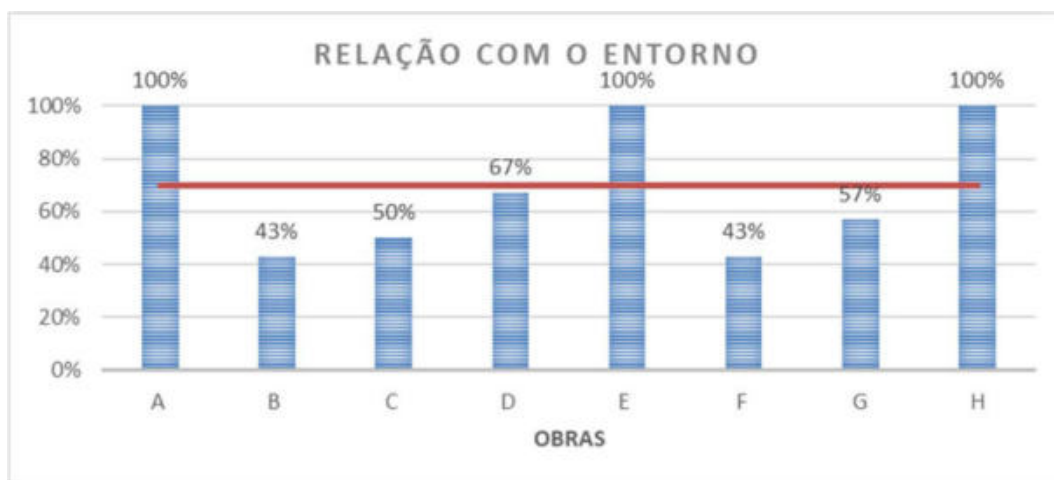
discrepância muito grande entre os indicadores estimado e real, realiza-se uma investigação para localizar a falha, seja ela no desperdício ocasionado por pane nos equipamentos ou pelo declínio da conscientização de redução de consumo por parte dos colaboradores da obra.

## 5. RELAÇÃO COM O ENTORNO

Neste ponto buscou-se avaliar as questões relativas aos impactos proporcionados pela obra na vizinhança, questionou-se sobre a preocupação com a manutenção e limpeza das vias externas, emissão de vibração e ruídos, aparência externa da obra e possíveis impactos gerados nas construções vizinhas.

Das 8 obras visitadas, 3 cumpriram todos os itens referentes a este tópico, todas as outras ficaram abaixo da média de 70%, como pode-se identificar na figura 3.

Figura 53. Porcentagem de boas práticas no quesito relação com o entorno.



Fonte: Os autores.

Esse baixo desempenho deve-se a maior parte das empresas não apresentarem práticas que reduzam a emissão de vibração ou ruídos, tais como: execução de fundações, concretagem, perfurações de estruturas, uso de serras, entre outros. Assim como, pouca preocupação com a aparência externa da obra e a manutenção de tapumes. Atentar-se a essas medidas elevariam, significativamente, seus rendimentos no quesito apresentado.

As empresas B e F apresentaram o pior resultado, evidenciando que precisam urgentemente implantar medidas que melhorem suas relações com o entorno. Iniciar avaliações e pesquisas ao redor de suas obras com intuito de melhorar a qualidade no ambiente para funcionários, visitantes e moradores das mediações é um grande passo para cumprir as exigências propostas pela pesquisa.

Dentre os itens avaliados, 2 deles foram cumpridos por 87,5% das obras, são eles: conservação das vias e calçadas, proteção de carga e limpeza dos caminhões ao deixar a obra. Esses Itens são de essencial importância, pois afetam diretamente o desenvolvimento do espaço urbano e a garantia da acessibilidade no entorno dos canteiros.

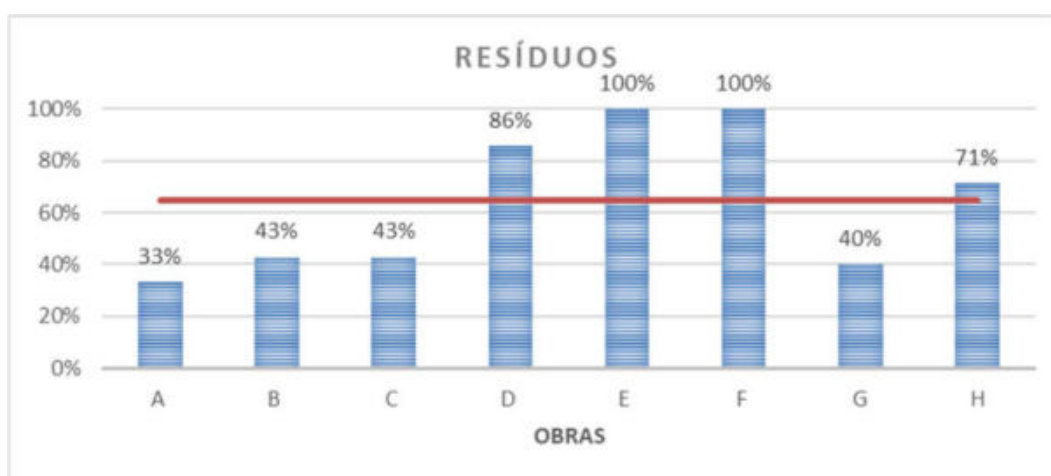
Pontua-se também que somente 50% das empresas demonstraram preocupação com a comunicação visual externa da obra, fator importante para a relação da construção com o seu entorno, o que é caracterizado no âmbito social do tripé da sustentabilidade: social, econômico e ambiental. Apesar disto, notamos um exemplo positivo de uma das empresas que apresentaram a preocupação com a imagem dos tapumes de seu canteiro, e associaram ela com o desenvolvimento e a valorização de profissionais de arte locais.

## 6. RESÍDUOS

Fundamentando-se nas bases da sustentabilidade, Reduzir, Reutilizar e Reciclar, e sabendo da potencialidade da indústria da construção civil em gerar resíduos, este tópico é importantíssimo quando se discute sustentabilidade. E no mesmo, tratou-se sobre as seguintes questões: a) existência de projeto de gerenciamento de resíduos; b) certificação das empresas responsáveis pelo descarte; c) reciclagem; d) realização da logística reversa para materiais não utilizados; e) orientação aos funcionários quanto ao descarte de materiais perigosos; f) existência de treinamentos e palestras sobre a importância da coleta seletiva.

Como resultado da avaliação deste quesito, observou-se que 4 obras apresentaram índices superiores a 70% e as demais não ultrapassaram a margem de 45% de itens atendidos, como mostra a figura 4.

Figura 4. Porcentagem de boas práticas no quesito gestão de resíduos.



Fonte: Os autores.

Somente 50% das obras visitadas apresentaram projeto de gerenciamento de resíduos, o que ficou bem evidenciado nos relatórios fotográficos, foi observado muito descarte de material de forma inadequada e sem o mínimo cuidado quanto a separação dos mesmos.

As duas obras que obtiveram grau máximo são obras de infraestrutura, somente nessas os produtos descartados são destinados à reciclagem. Durante o levantamento fotográfico, observou-se a real preocupação destas empresas, que alocavam baias em lugares específicos para separação do material. Um fato que merece destaque é que em uma dessas existia uma baia utilizada unicamente para materiais arqueológicos encontrados durante a execução da fundação do empreendimento, pois a mesma está localizada próxima à área portuária da cidade, onde foram encontradas partes de navios, correntes de âncoras e engrenagens, como ilustra a figura 5.



Figura 5. Baías para separação de material reciclável (baia à direita específica para material arqueológico, indicada pela seta).

Fonte: Os autores.

Apesar das obras E e F possuírem esses locais específicos para material reciclável, é perceptível o baixo nível de organização dos objetos separados, o que prejudica a coleta desses materiais e a comunicação visual interna da obra.

As oito obras visitadas declararam contratar apenas empresas certificadas para o transporte e destino dos resíduos, evitando, assim, o descarte irregular. Outro item que apresentou alto índice foi o de reutilização de resíduos gerados, 7 obras relataram situações onde aplicaram tal prática. Em sua maioria, as obras reutilizam material de demolição para aterramento de áreas específicas dentro do canteiro, como ilustra a figura 6.



Figura 6. Aterramento com utilização de material de demolição.

Fonte: Os autores.

Todas as empresas que possuíam projeto de gerenciamento de resíduos (D, E, F e H) apresentaram indicadores superiores a 70%, demonstrando que para o sucesso de uma atividade dentro da construção civil é primordial possuir um bom planejamento e uma boa gestão. As demais obras sequer alcançaram o percentual de 45%, reforçando ainda mais a ideia exposta.

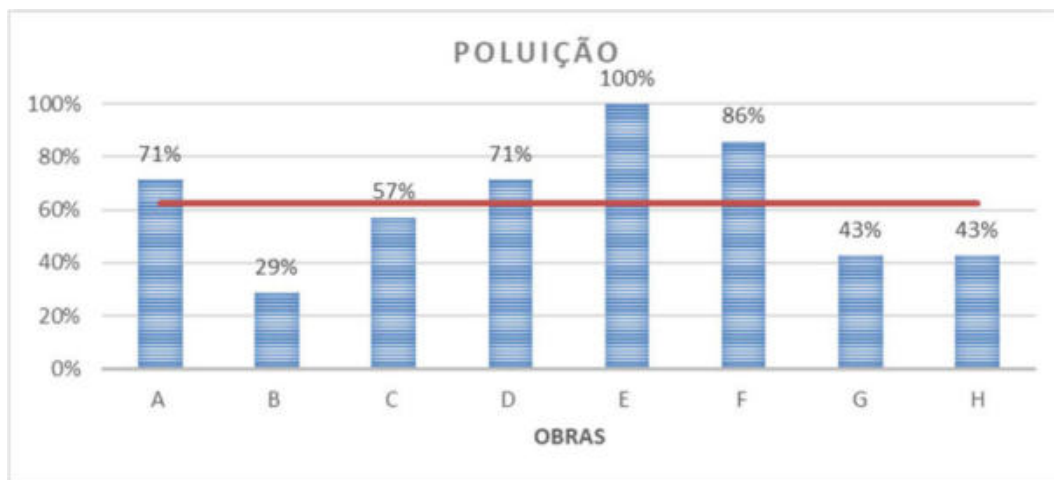


## 7. POLUIÇÃO

O último item do questionário foi dedicado à análise da geração de poluição dos canteiros, buscou-se abordar as temáticas de redução de poluição, de tecnologia construtivas para evitar geração de poeira, de manipulação por profissionais e de deposição de materiais tóxicos em locais específicos, assim como a existência de áreas para decantação de água com material particulado, seja este proveniente da lavagem dos caminhões ou da betoneira/masseira.

Mais uma vez, as obras de infraestrutura obtiveram os melhores indicadores e foi neste quesito que se observou o pior índice de todo o trabalho, no qual determinada empresa não chegou a atingir nem 30% de boas práticas, como ilustra a figura 7.

Figura 7. Porcentagem de boas práticas no quesito Poluição.



Fonte: Os autores.

Tal desempenho da obra B deve-se ao fato de cumprir somente 02 (duas) das 7 (sete) práticas de sustentabilidade propostas no questionário, são elas: utilização de dispositivos de coleta de pó acoplados aos equipamentos de cortes e utilização de equipamentos adequados no manuseio de produtos tóxicos. As outras práticas não são executadas, desassistindo às ações fundamentais deste quesito, como áreas de decantação para materiais particulados, varrições umedecidas e local protegido de vento para preparo de argamassa.

Apenas 1 das empresas dispunha de uma área onde era decantada a água proveniente da betoneira. As demais obras despejavam toda água com material particulado diretamente no solo ou na rede de esgoto, práticas totalmente fora dos padrões de sustentabilidade, uma vez que poluem diretamente o sistema de drenagem e esgoto, podendo ocasionar a contaminação do solo e dos lençóis freáticos.

Dentre o universo da pesquisa, 87,5% das obras realizam varrição umedecida e preparam suas argamassas em locais protegidos do vento com o intuito de mitigar a suspensão de partículas no ar. Entretanto, 62,5% não apresentam dispositivos de coleta de pó acoplados aos equipamentos de cortes.

Em 100% das obras os profissionais que manipulam produtos tóxicos possuem equipamentos e treinamento especializado, atentando para a segurança no trabalho.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise individual de cada quesito e obra, foram realizados os cálculos para classificação quanto ao nível de sustentabilidade segundo critério definido no quadro 1, obteve-se o seguinte resultado:



Quadro 15. Classificação de nível de sustentabilidade

	Consumo de materiais	Consumo de água e energia	Relação com o entorno	Gestão de resíduos	Poluição	Média	Classificação do canteiro
OBRA A	100%	67%	100%	33%	71%	74%	Nível B Bom nível de práticas sustentáveis
OBRA B	33%	67%	43%	43%	29%	43%	Nível C Poucas práticas sustentáveis
OBRA C	100%	100%	50%	43%	57%	70%	Nível B Bom nível de práticas sustentáveis
OBRA D	100%	33%	67%	86%	71%	71%	Nível B Bom nível de práticas sustentáveis
OBRA E	100%	100%	100%	100%	100%	100%	Nível A Ótimo nível de práticas sustentáveis
OBRA F	100%	56%	43%	100%	86%	77%	Nível A Ótimo nível de práticas sustentáveis
OBRA G	100%	38%	57%	40%	43%	55%	Nível B Bom nível de práticas sustentáveis
OBRA H	100%	67%	100%	71%	43%	76%	Nível A Ótimo nível de práticas sustentáveis

Fonte: Os autores.

Observa-se que 87,5% das obras visitadas apresentam canteiros com bom ou ótimo nível de práticas sustentáveis e o pior canteiro apresentou um indicador de 43%, classificando-o como um canteiro de poucas práticas sustentáveis. A obra E atendeu a todos os itens em análise, recebendo grau máximo em todas as categorias.

Efetuada a média dos valores obtidos por tipo de obra, observou-se que o melhor índice foi alcançado pelas obras de infraestrutura (OBRA E e F) com 88% de boas práticas aplicadas, seguidas pelas obras do tipo comercial (OBRA A e H) com 75%, pelas reformas (OBRAS D e G) com 63% e, por fim, pelas obras do tipo residencial multifamiliar (OBRA B e C) com 56% dos itens atendidos. Tais resultados são reflexo do tipo de cada obra e do nível de cobrança imposto a cada uma. As obras de reforma e infraestrutura, por serem obras públicas, necessitam atender certas exigências específicas e, dependendo da importância, da complexidade e do valor contratado da obra, faz-se necessário selecionar empresas de grande porte que, naturalmente, já possuem experiência e programas de sustentabilidade mais coesos. As obras do tipo comercial, geralmente, são contratadas por um grupo de investidores, os quais prezam pela imagem e qualidade de seus empreendimentos para retorno do investimento.

Pontua-se, também, que 75% das obras visitadas informaram que realizam palestras e treinamentos aos funcionários buscando esclarecer a importância da realização da coleta seletiva e promover a conscientização ambiental. Além disso, 100% delas disseram que realizam palestras de conscientização sobre redução no consumo de água e energia.

## 9. CONCLUSÃO

No geral, o nível de sustentabilidade dos canteiros analisados está muito bom. Porém vale ressaltar que das 14 obras visitadas somente 8 permitiram o acesso desta pesquisa e do relatório fotográfico, o que evidencia que muitas empresas ainda não ficam confortáveis com pesquisas de avaliações de sustentabilidade, sejam por motivos de não aplicarem práticas sustentáveis ou por não se preocuparem com avaliações externas e a visão das mesmas sobre seus respectivos canteiros de obras. É difícil obtermos dados 100% precisos quando não podemos ter acesso ao total de amostragem disponível em nosso campo de pesquisa.

Surpreendentemente, observou-se uma obra que contemplou de forma satisfatória todos os itens em análise, alcançando nível máximo de excelência em sustentabilidade. Cabe ressaltar que tal obra foi executada por empresa de nível nacional e sofreu fortes pressões populares e intensas fiscalizações dos órgãos responsáveis por ser executada ao entorno de uma Área de Proteção Ambiental (APA), o que provavelmente motivou e influenciou o cumprimento de ações sustentáveis de uma maneira mais rigorosa possível.

Pontua-se também, a necessidade de implantar a gestão de resíduos na viabilização direta do canteiro de obras. Uma vez que se provou por meio dos dados obtidos nessa pesquisa que para um canteiro alcançar médias satisfatórias de sustentabilidade de resíduos e poluição é necessário que as empresas façam o uso de um projeto de gerenciamento de resíduos, seja na reciclagem, separação e descartes de materiais, até no treinamento de funcionários buscando esclarecer a importância da realização da coleta seletiva e promover a conscientização ambiental.

Como sugestão para trabalhos futuros, aconselha-se ampliar os requisitos a serem pesquisados, utilizando outras categorias, como por exemplo a geração de energia pela edificação para seu próprio consumo, seja através de placas fotovoltaicas ou por outras tecnologias sustentáveis. E também uma ampliação da aplicação da pesquisa em outras obras e em outras regiões do país, para um futuro confronto de dados, obtendo resultados mais abrangentes e quem sabe a divulgação de parâmetros de práticas sustentáveis para empresas construtoras e seus canteiros de obras.

É necessário mudar os hábitos, diminuir o uso excessivo de matérias primas e fontes de energia, evitar o desperdício e o aumento da geração de resíduos e poluição. Sabe-se que os canteiros de obras são peças chaves no desenvolvimento sustentável já que são as primeiras etapas dos processos construtivos. Processos esses que tendem a continuar crescendo e ampliando-se em todo país. Entender que o uso consciente dos resíduos e a adoção de práticas sustentáveis contribuem diretamente para um desenvolvimento social, econômico e ambiental de uma sociedade.

No geral, o nível de sustentabilidade dos canteiros avaliados está muito bom. Tomando como referência a obra que atendeu de forma satisfatória a todos os itens em análise, pode-se afirmar que com a aplicação de práticas sustentáveis, comprometimento e uma gestão eficiente, é possível sim alcançar níveis de excelência de sustentabilidade.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. *O bom negócio da sustentabilidade*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira Editorial, 2002.
- ARAÚJO, V.M. *Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras*. São Paulo: Poli-USP, 2009, 229 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*. São Paulo, 2009.
- COUTINHO, S. M. *Percepções relativas às práticas em sustentabilidade nos canteiros de obras*. Vitória: UFES, 2013, 209 f. *Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo*. Vitória, 2013

- FIGUEIRÉDO, P. *Construção civil representa 6,2% do PIB Brasil*. 2017. Disponível em: <https://www.sistemafibra.org.br/fibra/sala-de-imprensa/noticias/1315-construcao-civil-representa-6-2-do-pib-brasil>. Acesso em: 30 de setembro de 2018.
- GAUZIN-MULLER, D. *Arquitectura Ecológica*. Barcelona: Gustavo Gilli Editorial, 2002.
- GEHLEN, J. *Construção da Sustentabilidade em Canteiros de Obras: um estudo no DF*. Brasília: UnB, 2008, 158 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Brasília, 2008.
- GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL. *LEED New Construction*. Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/leed-new-construction.php>. Acesso em: 10 set. 2018
- MOURA, L. G. V.. *Indicadores para a avaliação da sustentabilidade em sistemas de produção da agricultura familiar: o caso dos fumicultores de Agudo*. Dissertação de mestrado. Desenvolvimento Rural. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002
- NASCIMENTO, P; JESUS, L. A. N. *Avaliação da sustentabilidade em canteiros de obras: um estudo na Grande vitória – ES*. In: *Revista de Engenharia Civil IMED*, 2016.
- QUELHAS, O. L. G.; LIMA, G. B. A. *Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional: fator crítico de sucesso à implantação dos princípios do desenvolvimento sustentável nas organizações brasileiras*. *Interfacehs*, v.1, n. 2, p. 1- 34, dez. 2006. Disponível: [HTTP://www.interfacehs.sp.senac.br/images/artigos/31\\_pdf.pdf](HTTP://www.interfacehs.sp.senac.br/images/artigos/31_pdf.pdf). Acesso em: Setembro de 2018.
- RAMOS, R. R. S. *Ações sustentáveis para canteiros de obras civis*. In: *Periódico técnico e científico Cidades Verdes*, 2015.
- SALLES, C. *A construção civil e seu impacto no meio ambiente*. 2013. Disponível em: <https://carollinasalle.jusbrasil.com.br/noticias/111940084/a-construcao-civil-e-seu-impacto-no-meio-ambiente>. Acesso em: 30 de setembro de 2018.
- SCHWEIGERT, L. R. *Plano diretor e sustentabilidade ambiental da cidade*. Campinas: Mackenzie, 2007, 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie. Campinas, 2007.
- ZEULE, L. O. *Práticas e Avaliação da Sustentabilidade nos Canteiros de Obras*. São Carlos: UFSCar, 2014, 266 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2014.

## TEMPERATURA E ESCOAMENTO EM TELHADOS VERDES INTENSIVOS UMA REVISÃO

*Thamille Casagrande (thamille.casagrande@gmail.com); Lee Ha Guaen Neto (oguaen@gmail.com); Rachel Miller (mmiller.rach@gmail.com); Ana Clara Campos Fonseca (anaclafonseca98@gmail.com); Mariana Grassi Noya (mariana.noya@pucpr.br); Sérgio Fernando Tavares (sergioftavares@gmail.com)*

Universidade Federal do Paraná - Curso de Arquitetura e Urbanismo (UFPR - CAU)- Brazil  
Universidade Federal do Paraná - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (UFPR - PPGECC) - Brazil  
Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola de Ciências da Vida, Curso de Agronomia (PUC/PR - ECV) - Brazil

**Palavras chave:** telhados verdes, telhados verdes intensivos, controle de temperatura, escoamento superficial, retenção de águas pluviais.

*O uso de telhados verdes vem sendo cada vez mais explorado por pesquisadores, ficando comprovado os diversos benefícios que os mesmos podem desempenhar para aliviar os problemas ambientais urbanos associados principalmente a ilhas de calor e escoamento de águas pluviais. A maioria dos estudos concentra-se no uso de telhados verdes extensivos, pois estes apresentam menor carga exercida sobre a cobertura e menores custos de instalação e manutenção. Sendo assim, pesquisas aprofundadas no uso de telhados verdes intensivos foram menos exploradas, não sendo disseminados os benefícios da implantação desta técnica. Apesar de existirem maiores dificuldades para a implantação de telhados verdes intensivos, a literatura demonstra maiores benefícios na utilização deste método, principalmente relacionados a absorção de águas pluviais e controle de temperatura. Esta revisão sistemática de literatura busca levantar os estudos existentes sobre o assunto com a intenção de demonstrar os benefícios proporcionados pelo uso de telhados verdes intensivos em termos de controle de temperatura e retenção de águas pluviais. Pesquisas nas bases de dados Science Direct, Portal de Periódicos da Capes, Google Acadêmico e SciELO resultaram em um total de 15 estudos selecionados, sendo estes apenas em inglês, pois não foram encontrados estudos referentes ao assunto em português. A partir destes, verifica-se a minoria de estudos voltados para o uso de telhados verde intensivos, sendo que os poucos encontrados demonstram um melhor desempenho no uso desta técnica, deixando clara a necessidade de novas pesquisas sobre o assunto, aumentando assim a gama de evidências e validade das pesquisas existentes.*

### 1. INTRODUÇÃO

O uso de telhados verdes vem sendo explorado tanto em estudos através da comunidade acadêmica, quanto na utilização da técnica em edifícios já existentes ou novos, pois oferecem uma gama de benefícios ambientais, econômicos e sociais. Benefícios comprovados incluem a redução de diversos problemas ambientais como: ilhas de calor, poluição do ar, consumo de energia do edifício, escoamento de águas pluviais, bem como a extensão do tempo de vida dos materiais que compõe o telhado (Francis; Jensen, 2017).

Apesar de existir um corpo significativo de pesquisas sobre o tópico, grande parte dos estudos abordam o uso de telhados verdes extensivos, pois estes apresentam menores dificuldades de implantação por possuírem custo, peso e manutenção mais baixa. Desta forma, menos interesse tem sido demonstrado pelo estudo de telhados verdes intensivos,

mas Jim e Tsang (2011) afirmam que esta técnica merece mais atenção devido aos benefícios superiores que podem apresentar.

Diversas pesquisas apontam que telhados verdes intensivos possuem melhor desempenho em relação a retenção do escoamento de águas pluviais e redução da temperatura superficial. Mentis et. al (2006) afirmam que a redução do escoamento superficial anual é fortemente determinada pela profundidade da camada do substrato, sendo que esta é maior em telhados intensivos. Jim e Tsang (2011) avaliaram o desempenho de um telhado verde intensivo em termos de redução de temperatura superficial através de um experimento realizado no terraço de um edifício em Hong Kong e afirmaram que telhados verdes intensivos também possuem excelente performance no controle de temperatura superficial.

Desta forma, esta revisão sistemática busca encontrar referências que explorem o uso de telhados verdes intensivos, de modo a avaliar se a eficácia deste sistema é superior aos demais existentes em termos de controle de temperatura e retenção do escoamento de águas pluviais.

## 2. OBJETIVO

Esta revisão sistemática de literatura tem como objetivo a exploração de estudos que analisem o uso de telhados verdes intensivos, buscando encontrar evidências que comprovem o desempenho superior deste sistema em relação aos telhados verdes extensivos, sendo analisadas as variáveis de temperatura e escoamento superficial.

## 3. METODOLOGIA

Este estudo de revisão sistemática de literatura seguiu as recomendações *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* - PRISMA (Liberati et al., 2009). Este método apresenta um fluxograma que permite identificar como a pesquisa foi realizada definindo o número de estudos encontrados e selecionados além da disponibilização de um *checklist* para guiar a pesquisa conforme critérios definidos pelo mesmo. Estes critérios foram utilizados para a condução desta pesquisa e serão abordados a seguir.

### 3.1. Critérios de elegibilidade

Para a seleção de trabalhos, buscou-se pesquisas que tratassem do desempenho de telhados verdes intensivos em termos de controle de temperatura e capacidade de retenção de águas pluviais. Artigos que tratassem destas condicionantes, mas que não se enquadravam como telhados verdes intensivos de acordo com os critérios estabelecidos foram descartados.

Para esta revisão, discute-se o seguinte problema: telhados verdes intensivos podem desempenhar melhores resultados em relação a telhados verdes extensivos em termos de controle de temperatura e retenção de águas pluviais?

Para responder à pergunta de pesquisa buscou-se selecionar a maior variedade e quantidade possível de estudos. Para seleção, os materiais foram divididos entre os dois tópicos que abrangem o assunto: controle de tempera e retenção de águas pluviais.

### 3.2. Fontes de informação e busca

Para definição de palavras-chave e base de dados para pesquisa, foi utilizado um método de extração de dados conforme detalhado pelo professor Aldo Fontes-Pereira (Fontes-Pereira, 2017). Foi realizada uma busca com a união de palavras-chave em inglês e português, buscando determinar o panorama do assunto tanto no exterior, quanto no Brasil. A base de dados utilizada para a extração de palavras-chave foi o Google Acadêmico. Para a pesquisa de dados em inglês, foi realizada a busca com as seguintes palavras: *"intensive*



*green roof*” AND *“rainwater runoff*” OR *“temperature*”, utilizando o uso de aspas para fechamento da palavra-chave e ainda o uso das conjunções *and* e *or* para que a busca encontrasse um ou outro assunto relacionado a telhados verdes intensivos. Foram escolhidos os cinco artigos mais relevantes sobre o tema e extraídas destes as palavras-chave, definindo quantas vezes cada palavra se repetiu e em qual base de dados foram encontradas. A partir desta busca, as palavras com maior número de aparições foram: *green roof*; *intensive green roof*; *rainwater runoff* e *thermal insulation*. A base de dados com maior aparição foi o *Science Direct*. Desta forma, foram definidos os seguintes termos para busca em inglês: *“intensive green roof” AND “rainwater runoff”* para encontrar artigos que tratassem de telhados verdes intensivos e o seu desempenho em relação a retenção do escoamento de águas pluviais, e *“intensive green roof” AND “thermal insulation”* para encontrar artigos que tratem do controle de temperatura. Da mesma forma, a busca foi realizada também em português, utilizando as palavras “telhados verdes intensivos” E “águas pluviais” OU “temperatura”. Foram encontrados 51 resultados, porém, todos os estudos tratavam de telhados verdes extensivos. Desta forma, foi definida que a busca para artigos em português contemplaria apenas as palavras “telhados verdes intensivos”.

As bases de dados para as buscas em inglês foram o *Science Direct* e o *Portal de Periódicos da Capes*. Já para a pesquisa em português, foram utilizadas as bases de dados *SciELO* e *Portal de Periódicos da Capes*. As buscas foram realizadas entre os meses Junho e Julho de 2018, sendo a última pesquisa realizada no dia 31 de Julho de 2018.

As buscas em português não obtiveram êxito, não sendo encontrado nenhum estudo no Brasil nas bases de dados pesquisadas. Quando utilizada a palavra-chave “telhados verdes intensivos” no *Google Acadêmico*, foram encontrados 66 resultados, porém todos tratavam de telhados verdes extensivos. Já no *SciELO*, com esta mesma palavra-chave não houve nenhum resultado, sendo então utilizadas as palavras-chave “telhado verde” e “cobertura verde”, resultando em 26 estudos encontrados, porém nenhum tratava de telhados verdes intensivos. No *Portal de Periódico da Capes* também não houve resultado com a utilização da palavra-chave “telhados verdes intensivos”, sendo assim também utilizadas as palavras “telhado verde” e “cobertura verde”, totalizando em 55 resultados, sendo que todos tratavam de telhados verdes extensivos. Sendo assim, foi realizada uma busca nos periódicos publicados na *Revista Ambiente Construído (ANTAC)* de 1997 a 2018. Verificou-se apenas quatro artigos sobre telhados verdes, sendo todos sobre telhados verdes extensivos. Além desta busca, também foram feitas buscas nos artigos publicados no *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC)* de 2000 a 2016, onde foram encontrados 19 artigos sobre telhados verdes, sendo que dez eram sobre telhados verdes extensivos e nove sem especificidade da técnica, sendo tratada de forma geral. Desta forma, nesta revisão sistemática de literatura serão utilizados apenas estudos em inglês.

### 3.3. Seleção de estudos

Foi realizada uma seleção prévia dos estudos a partir da leitura do título e resumo para cada plataforma de busca. A partir desta pré-seleção foram excluídos trabalhos repetidos ou ainda os que não foram possíveis de serem obtidos pelo endereço eletrônico de divulgação. Após leitura completa dos estudos pré-selecionados, foram excluídos os trabalhos que não atenderam aos critérios de elegibilidade. Optou-se apenas pela inclusão de artigos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Materiais selecionados

Obteve-se um total de 64 estudos selecionados a partir da busca descrita na metodologia. Além desta seleção, foram adicionados mais três artigos encontrados na literatura cinzenta, encontrados por buscas no *Google Acadêmico* e *Research Gate*. Destes 67, 40 artigos eram

repetidos e foram então excluídos, resultando em 27 artigos a serem analisados. Em um terceiro momento foi feita a leitura em partes destes artigos restantes e foram excluídos então os que não atendiam aos critérios de elegibilidade, restando assim 17 artigos. Após leitura completa foram excluídos mais três artigos que não contemplavam as informações necessárias para composição desta revisão, resultando então em 14 artigos que compõe esta revisão sistemática de literatura. O fluxograma que demonstra esta seleção está ilustrado na figura 1.

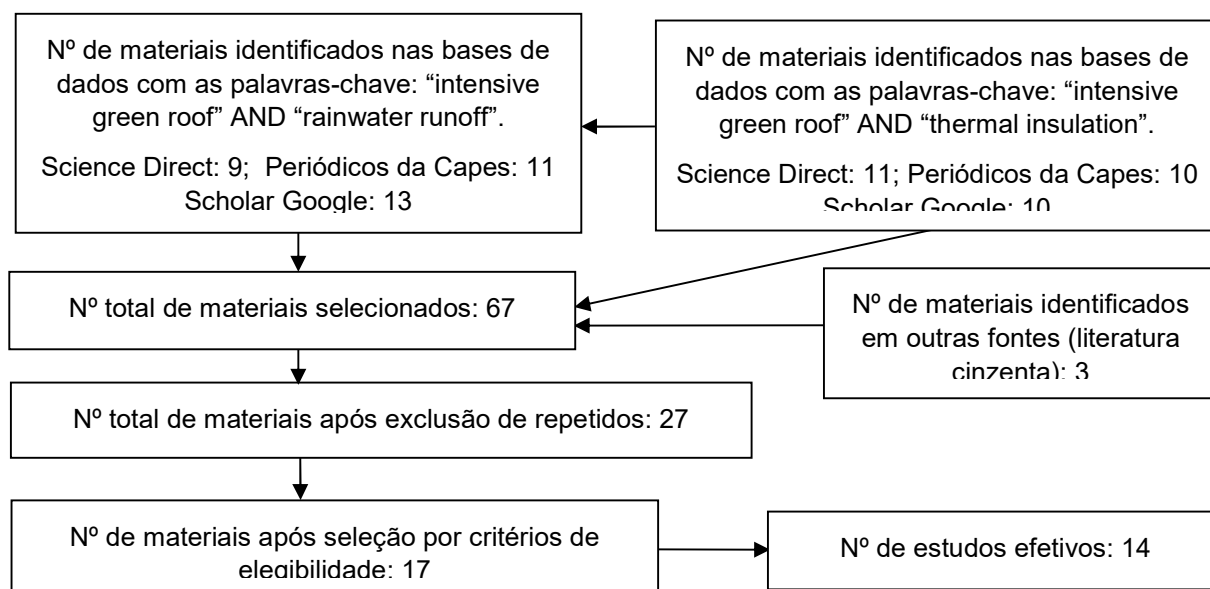


Figura 54. Fluxograma de seleção de materiais (Fonte: os autores, 2018).

Para análise dos resultados, os artigos selecionados foram divididos de acordo com a variável analisada em cada um. Esta divisão pode ser verificada conforme tabela 1, que demonstra os artigos selecionados por assunto.

Tabela 1. Estudos identificados com análise referente ao comportamento térmico e hidrológico de telhados verdes intensivos (cont.)

Título	Referência
Thermal-cooling performance of subtropical green roof with deep substrate and woodland vegetation	Lee e Jim (2018)
Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study	Morakinyo et. al (2017)
Case study investigation of the building physical properties of seven different green roof systems	Scharf e Zluwa (2017)
Green roofs energy performance in Mediterranean climate	Silva et. al (2016)
Thermal insulation and cost effectiveness of green-roof systems: An empirical study in Hong Kong	Tam et. al (2016)
Simulation of the Thermal Behaviour of a Building Retrofitted with a Green Roof: Optimization of Energy Efficiency with Reference to Italian Climatic Zones	Gargari et. al (2016)
An investigation into the thermophysical properties and energy dynamics of an intensive green roof	Darkwa et. al (2013)
Biophysical properties and thermal performance of an intensive green roof	Jim e Tsang (2011)
Estudos identificados com análise referente ao comportamento hidrológico de telhados verdes intensivos	
Modelling green roof stormwater response for different soil depths	Castiglia et. al

---

	(2016)
Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate	Beecham e Razzaghmanesh (2015)
The hydrological behaviour of extensive and intensive green roofs in a dry climate	Razzaghmanesh e Beecham (2014)
Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof	Speak et. al (2013)
Green Roof Storm Water Retention-Monitoring Results	Uhl e Schiedt (2008)
Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?	Mentes et. al (2006)

---

#### 4.2. Comportamento hidrológico de telhados verdes intensivos

De modo geral, o comportamento hidrológico de telhados verdes diz respeito a quantidade e qualidade das águas escoadas, porém, esta revisão abordará apenas estudos que contemplem o comportamento de telhados verdes intensivos em relação a quantidade de água escoada, abordando estudos que contemplem o percentual de retenção de escoamento, sendo este um dos benefícios proporcionados pelo uso de telhados verdes. Isso se deve ao fato da capacidade de armazenamento de água pelo sistema. Parte da água é armazenada no solo e devolvida para a atmosfera por evaporação e transpiração, sendo que a evaporação ocorre através do solo e a transpiração através das plantas. Este processo é chamado de evapotranspiração.

A seleção para este tópico é dividida entre estudos que contemplam a análise da retenção do escoamento de águas pluviais de telhados verdes intensivos por experimento, simulação computadorizada ou revisão, conforme tabela 2.

Tabela 2. Identificação dos estudos encontrados separados por método de avaliação (Fonte: os autores, 2018).

Estudos realizados por meio de experimento para avaliação do comportamento hidrológico de TV					
Autores	Nº eventos	Período aval.	Distinção do telhado	Perc. retenção	Localiz.
Beecham e Razzagh manesh (2015)	5	1,5 anos	TV1: cv, i=1°, ext. (h sub. = 10 cm)	79,62%	Adelaide Austrália
			TV2: cv, i=25°, ext. (h sub. = 10 cm)	78,13%	
			TV3: cv, i=1°, int. (h sub. = 30 cm)	89,66%	
			TV4: cv, i=25°, int. (h sub. = 30 cm)	82,96%	
			TV5: sv, i=1°, ext. (h sub. = 10 cm)	63,74%	
			TV6: sv, i=25°, ext. (h sub. = 10 cm)	65,12%	
			TV7: sv, i=1°, int. (h sub. = 30cm)	67,66%	
			TV8: sv, i=25°, int. (h sub. = 30cm)	67,55%	
Razzagh manesh e Beecham (2014)	226	2 anos	TV1: extensivo com substrato tipo A	81,66%	Adelaide Austrália
			TV2: extensivo com substrato tipo B	66,38%	
			TV3: intensivo com substrato tipo A	92,19%	
			TV4: intensivo com substrato tipo B	85,05%	
Speak et. al (2013)	254	1 ano	TV: intensivo (h substrato = 17 cm)	65,70%	Manchester Inglaterra
			Laje de concreto impermeabilizada	33,60%	
Uhl e Schiedt (2008)	---	2 anos	TV1: i=0%, ext., sub. M (h sub.=5cm)	67,00%	Münster, Alemanha
			TV2: i=0%, ext., sub. M (h sub.=8cm)	67,00%	
			TV3: i=0%, ext., sub. E (h sub.=10cm)	69,00%	
			TV4: i=0%, ext., sub. E (h sub.=15cm)	73,00%	
			TV5: i=0%, int., sub. I (h sub.=25 cm)	80,00%	
			TV6: i=0%, int., sub. I (h sub.=35 cm)	81,00%	
Estudo realizado por meio de revisão para avaliação do comportamento hidrológico de TV					
Autores	Nº estudos selecionados	Nº dados coletados	Distinção do telhado	Média h. sub.	Perc. retenção
Mentes et. al (2006)	18	628	Telhado verde intensivo	21 cm	75%
			Telhado verde extensivo	10 cm	50%
			Telhado coberto com cascalho	5 cm	25%
			Telhado sem cobertura vegetal	---	19%
Estudo realizado por meio simulação computadorizada para avaliação do comportamento hidrológico de TV					
Autores	Cenários (mm/aaaa)	Nº de eventos	Distinção do telhado	Perc. retenção	Localiz.
Castiglia et. al (2016)	01) 06/2008 a 08/2008	60	TV1: i=0%, ext. (h sub. = 5 cm)	26%	Auckland, Nova Zelândia
			TV2: i=0%, ext. (h sub. = 10cm)	27%	
			TV3: i=0%, ext. (h sub. = 20cm)	29%	

Tabela 2. Identificação dos estudos encontrados separados por método de avaliação (cont.)

Estudo realizado por meio simulação computadorizada para avaliação do comportamento hidrológico de TV					
Autores	Cenários (mm/aaaa)	Nº de eventos	Distinção do telhado	Perc. retenção	Localiz.
Castiglia et. al (2016)	01)06/2008 a 08/2008	60	TV4: i=0%, int. (h sub. = 40 cm)	33%	Auckland, Nova Zelândia
			TV5: i=0%, int. (h sub. = 80 cm)	40%	
			TV6: i=0%, int. (h sub. = 160 cm)	54%	
			TV1: i=0%, ext. (h sub. = 5 cm)	26%	
			TV2: i=0%, ext. (h sub. = 10 cm)	27%	
			TV3: i=0%, ext. (h sub. = 20 cm)	30%	
	02) 05/2010 a 07/2010	47	TV4: i=0%, int. (h sub. = 40 cm)	35%	
			TV5: i=0%, int. (h sub. = 80 cm)	44%	
			TV6: i=0%, int. (h sub. = 160 cm)	62%	
			TV1: i=0%, ext. (h sub. = 5 cm)	32%	
			TV2: i=0%, ext. (h sub. = 10 cm)	34%	
			TV3: i=0%, ext. (h sub. = 20 cm)	37%	
	03) 07/2012 a 09/2012	67	TV4: i=0%, int. (h sub. = 40 cm)	41%	
			TV5: i=0%, int. (h sub. = 80 cm)	49%	
			TV6: i=0%, int. (h sub. = 160 cm)	65%	

Obs.: TV = telhado verde; aval. = avaliação; perc. = percentual; localiz. = localização; cv = com vegetação; sv = sem vegetação; ext. = extensivo; int. = intensivo; h sub. = altura do substrato; sub. M//E = substrato tipo M//E.

A partir da revisão de artigos, nota-se a dificuldade de comparação entre os estudos, pois diversos são os fatores que influenciam no desempenho hidrológico de telhados verdes. Dentre os fatores externos, está o clima, a estação, o número de eventos e a intensidade das precipitações. Além disso, os fatores internos ao sistema também influenciam, como o tipo de substrato escolhido, a espécie da vegetação e inclinação do telhado.

É possível notar uma melhora no percentual de retenção de águas pluviais de telhados verdes intensivos em todos os dados coletados.

Beecham e Razzaghmanesh (2015) observam que os telhados verdes intensivos possuem melhor desempenho que extensivos, além de que os que possuíam vegetação obtiveram um desempenho melhor do que os que não possuíam.

Em um segundo experimento, Razzaghmanesh e Beecham (2014), também avaliam a diferença entre telhados verdes extensivos e intensivos, utilizando dois tipos diferentes de substratos, sendo o tipo A composto de tijolo triturado, escória, fibra de coco e compostos orgânicos compostados, enquanto o tipo B era composto de escória, casca de pinheiro compostada e flocos de hydrocell. É possível observar melhor desempenho nos telhados compostos pelo substrato do tipo A, sendo o intensivo o que possui maior retenção de águas pluviais. De acordo com os autores, esta diferença não é tão significativa, visto que os dois sistemas obtiveram ótimos resultados.

Speak et. al (2013) comparam o desempenho de um telhado verde intensivo de 43 anos de idade com uma laje de concreto e verificam também grande aumento no percentual de retenção de águas pluviais. A diferença média entre o telhado verde e a laje é de 65,7% para 33,6%, respectivamente. Os autores afirmam ainda que caso as coberturas do centro



de Manchester fossem substituídas por telhados verdes intensivos haveria um aumento de 2,3% na retenção anual do escoamento de águas pluviais.

Já Uhl e Schiedt (2008) realizam um experimento com a construção de 18 protótipos, havendo variação no tipo e altura do substrato, inclinação do telhado e área. Foi feita uma combinação de 3 tipos diferentes de substrato, sendo classificados em M, I e E. O tipo “M” é uma mistura de lava, pedra-pomes e ardósia expandida. O tipo “I” consiste em ardósia expandida, lava, pedra pomes, argila expandida, húmus de casca e composto de jardim. Já o tipo “E” possui a mesma composição que o “I”, porém em diferentes proporções. Entre os protótipos foi utilizada uma variação na altura do substrato entre 5 e 35 cm, além de diferentes inclinações, sendo estas 0, 1,7 e 26,8%. Para esta revisão foram coletados apenas os dados que apresentaram maior percentual de retenção do escoamento superficial, sendo estes os protótipos sem inclinação. É possível observar grande diferença no percentual de retenção entre a menor (5 cm) e a maior (35 cm) espessura de substrato, sendo 67 e 81%, respectivamente. De acordo com os autores, o percentual de escoamento superficial é fortemente determinado pela altura do substrato.

Além dos artigos realizados através de experimentos, também foram encontrados um artigo de revisão de literatura e um de simulação computadorizada.

Na revisão de literatura foi abordada a questão da diferença do percentual de retenção do escoamento em diferentes tipos de telhados. Mentis et. al (2006) realizaram uma seleção de 18 estudos e a partir destes foi feita a divisão de 4 classes para avaliação, sendo estas: telhado verde intensivo, telhado verde extensivo, telhado coberto com cascalho e telhado sem cobertura vegetal. Pela revisão já apontada até aqui, sabe-se que existe grande diferença na retenção quando implementado um telhado verde, mas a informação de grande relevância é a diferença entre os extensivos e intensivos. A partir da revisão obteve-se uma média do percentual de retenção do escoamento de 75% para telhados verdes intensivos e 50% para telhados verdes extensivos. Neste estudo, os autores enfatizam a importância da utilização de ferramentas que ajudem na redução do escoamento de águas pluviais, e concluem que o telhado verde é uma destas. Além disso, a grandeza da retenção depende da estrutura do telhado verde, das condições climáticas e quantidade de precipitação.

Já o estudo realizado por meio de simulação computadorizada utiliza do mesmo substrato e sem inclinação, variando apenas na altura do mesmo. Castiglia et. al (2016) realizam uma simulação através do software HYDRUS 1-D comparando o percentual de retenção do escoamento para 6 diferentes alturas de substratos, sendo 5, 10, 20, 40, 80 e 160 cm. É possível notar grande diferença entre a menor e maior altura variando de 26% a 65%, respectivamente.

Embora os resultados apresentados apontam para um melhor desempenho por parte dos telhados verdes intensivos, este tema ainda é muito pouco estudado, demonstrando a necessidade de aprofundamento no estudo.

#### **4.3. Comportamento térmico de telhados verdes intensivos**

Entre os benefícios proporcionados pelo uso de telhados verdes está a melhora no desempenho térmico dos edifícios e sua ambiência. De acordo com Lee e Jim (2018), inúmeras pesquisas se concentraram no uso de telhados verdes extensivos, com atenção inadequada ao uso de telhados verdes intensivos. Ainda existem poucos estudos focados no uso de telhados verdes intensivos. A partir da revisão de literatura, foi possível levantar oito artigos referentes ao tema, conforme pontuados na tabela 2. Para demonstração dos resultados de temperatura, os artigos serão demonstrados separadamente, por conta da diferença de coleta de dados de um para outro. Para avaliação de temperatura, cada estudo contempla um método diferente, sendo difícil a comparação através de tabelas. Sendo

assim, serão separados apenas os que tratam de experimentos dos que tratam de simulação computadorizada.

#### **4.3.1. Estudos identificados realizados por meio de experimento para avaliação do comportamento térmico de telhados verdes intensivos**

- I. Artigo 01 - *Thermal-cooling performance of subtropical green roof with deep substrate and woodland vegetation* (Lee; Jim, 2018)

Lee e Jim (2018) realizam um experimento na cidade de Hong Kong, China, com a intenção de avaliar a diferença de temperatura de um telhado verde intensivo (altura do substrato = um metro) e uma laje sem cobertura vegetal. Para tal avaliação foram escolhidos três eventos distintos, sendo um dia de sol, um dia nublado e um dia de chuva. De acordo com os autores, no telhado verde intensivo houve diminuição da temperatura mesmo no dia ensolarado, o que gerou uma redução na temperatura do ambiente interno. A temperatura constante no subsolo sugere que um substrato de 50 cm já é suficiente para proporcionar um isolamento térmico eficaz (Lee; Jim, 2018).

- II. Artigo 02 - *Case study investigation of the building physical properties of seven different green roof systems* (Scharf; Zluwa, 2017)

O estudo traz uma descrição detalhada de sete tipos diferentes de sistemas de telhados verdes (diferenciando em profundidade, materiais e camadas) e suas performances de isolamento por um período de 15 meses. Cinco destes são considerados telhados verdes extensivos, com substrato de 12 cm de profundidade, enquanto os dois restantes são considerados telhados verdes intensivos, com 20 e 25 cm de substrato. Para medição, foi instalado um sensor para medir o fluxo de calor e temperatura sobre a camada de proteção e um sensor para medir a temperatura superficial e umidade, instalado diretamente sobre a superfície do substrato. Os resultados foram analisados separadamente para verão e inverno. Os telhados verdes intensivos apresentaram o menor impacto na temperatura, também apresentando estabilidade no fluxo de calor. Em relação aos valores de transmitância térmica, estes apresentaram o melhor desempenho com medida de 0,299 W/m<sup>2</sup>K em comparação a um telhado verde extensivo, com medida de 0,944 W/m<sup>2</sup>K.

Dentre as conclusões apresentadas pelos autores está a percepção na melhora do isolamento térmico de edifícios com a utilização de telhados verdes, sendo que espessura do substrato, materiais, estações e as camadas desempenham um papel fundamental no desempenho do sistema.

- III. Artigo 03 - *Green roofs energy performance in Mediterranean climate* (Silva; Gomes; Silva, 2016)

Os experimentos de campo foram realizados em um edifício localizado no centro de Lisboa, Portugal. O monitoramento do sistema é realizado em um ambiente interno ao edifício, onde o desempenho térmico foi avaliado com equipamentos afim de medir a temperatura externa e interna e fluxos de calor. A comparação foi feita entre um telhado verde extensivo (h substrato=10cm), semi-intensivo (h substrato=25cm) e intensivo (h substrato=70cm). Os eventos de medição aconteceram no inverno e verão. O experimento mostra grande diferença entre o desempenho de telhados verdes extensivos comparado aos semi-intensivos e intensivos. Os telhados verdes extensivos exigem duas vezes mais energia anual do que as outras duas soluções. A diferença entre semi-intensivo e intensivo não é tão grande para períodos de aquecimento, mas mostra grande diferença para períodos de resfriamento, sendo o telhado verde intensivo mais eficiente neste sentido.

- IV. Artigo 04 - *Thermal insulation and cost effectiveness of green-roof systems: An empirical study in Hong Kong* (Tam; Wang; Le, 2016)

O artigo contempla a avaliação do desempenho térmico de telhados verdes em três edifícios na cidade de Hong Kong. Cada estudo de caso contempla diferentes tipos de substrato e espécies de planta. O estudo de caso I é caracterizado como telhado verde intensivo e possui 30 cm de substrato, já os estudos de caso II e III são caracterizados como telhados verdes extensivos e possuem diferentes alturas de substrato, sendo o estudo de caso II dividido em zonas A, B e C, com 15, 10 e 5 cm de substrato respectivamente e o estudo de caso III com 5 cm de substrato. Os três estudos de caso provaram que sistemas de telhado verde podem melhorar o isolamento térmico em até 3,4 ° C. Os resultados revelaram que a profundidade do solo e os tipos de plantas são particularmente significativos para o desempenho do isolamento térmico. O solo mais profundo pode ter uma maior eficiência na retenção de umidade e levar a uma maior eficiência de evaporação das plantas, o que leva a um maior desempenho de isolamento térmico (Tam; Wang; Le, 2016).

- V. Artigo 05 - *Biophysical properties and thermal performance of an intensive green roof* (Jim; Tsang, 2011)

Este estudo avalia a performance térmica de um telhado verde intensivo na cidade de Hong Kong durante as quatro estações. O telhado verde em questão possui substrato com um metro de profundidade. As temperaturas coletadas foram medidas a 15 e a 160 cm acima do solo e a 10 e 90 cm abaixo do solo. De acordo com os autores, a camada de substrato do solo do telhado verde intensivo pode ser considerada um grande dissipador de calor para reduzir a flutuação da temperatura. No verão, houve redução de 4,2°C na temperatura do solo, resultando em uma boa diferença de temperatura para melhor controle da temperatura interna.

- VI. Artigo 06 - *An investigation into the thermophysical properties and energy dynamics of an intensive green roof* (Darkwa; Darkwa; Suba; Kokogiannakis, 2013)

O estudo contempla o monitoramento de um telhado verde intensivo na cidade de Ningbo, China. A amostra possui 40 cm de substrato e para análise do comportamento térmico do sistema são locados dois termopares no telhado verde e um no ambiente interno, bem como sensores para medição do fluxo de calor superficial e do solo. Durante o verão, a temperatura externa e interna medidas no substrato foram de 32°C e 28,7°C respectivamente, e ainda diminuindo a temperatura interna do ambiente para 26°C. Durante o inverno, a diferença de temperatura é ainda maior, sendo que quando a temperatura externa era de 5°C, a temperatura interna do solo foi de 20,5°C, mantendo a temperatura interna do ambiente em 21°C. É possível observar maior estabilidade na variação de temperatura no solo do telhado verde, principalmente durante verão, o que permite o controle de temperatura interno ao ambiente, evitando o uso de aparelhos de ar condicionado para tal fim.

#### **4.3.2. Estudos identificados realizados por meio de simulação computadorizada para avaliação do comportamento térmico de telhados verdes intensivos**

- I. Artigo 01 - *Simulation of the thermal behaviour of a building retrofitted with a green roof: optimization of energy efficiency with reference to italian climatic zones* (Gargari; Bibbiani; Fantozzi; Campiotti, 2016)

Neste estudo é investigada a influência da troca de um telhado inclinado composto por telha de barro por um telhado verde. O estudo de caso é um edifício de habitação social localizado em Pisa, na Itália. Para tal comparação realiza-se uma simulação através do software *EnergyPlus* comparando o telhado existente com diferentes tipos de telhados verdes, sendo estes extensivos e intensivos. Há uma diferença de aproximadamente 2°C entre o telhado inclinado e o telhado verde intensivo. De acordo com os autores, devido aos requisitos de pesquisa específicos, as simulações não consideraram grandes ganhos

internos. Os autores acreditam que para descrever adequadamente o desempenho de um telhado verde sob condições operacionais reais, essas condições devem ser medidas.

- II. Artigo 02 - Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study (Morakinyo; Dahanayake; Ng; Chow, 2017)

Este trabalho apresenta um estudo paramétrico sobre o efeito de quatro tipos de coberturas verdes com temperatura exterior/interior para quatro climas diferentes utilizando uma abordagem de co-simulação com *ENVI-met* e *EnergyPlus*. Para simulação foram utilizados os dados de quatro cidades com climas diferentes, sendo elas: Cairo, Hong Kong, Tóquio e Paris. Foi feita a comparação entre um telhado verde intensivo (h substrato = 70 cm) e um telhado verde extensivo (h substrato = 30cm). Os telhados verdes intensivos foram os que apresentaram melhores resultados de diferença de temperatura superficial, variando em 14°C no Cairo, 10°C em Hong Kong, 8,5°C em Tóquio e 7°C em Paris. Os resultados demonstram que a umidade relativa e a intensidade solar são parâmetros-chave que determinam o potencial de resfriamento por evaporação de telhados verdes. (Morakinyo; Dahanayake; Ng; Chow, 2017).

## 5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta revisão sistemática de literatura nos mostra a insuficiência de resultados para o estudo de telhados verdes intensivos, pois poucos artigos que tratavam diretamente do assunto foram encontrados. A bibliografia levantada apresenta resultados positivos em relação a utilização do uso de telhados verdes intensivos, mas a escassez de estudos torna difícil uma conclusão coerente sobre a viabilidade no uso desta técnica. Por conta disso, é notável a necessidade de novos estudos que contemplem o tema para que existam maiores evidências para chegar a uma conclusão efetiva sobre o assunto. Além disso, não foram encontrados estudos no Brasil, o que torna necessária a introdução da pesquisa sobre o assunto no âmbito nacional, tratando de uma análise específica ao nosso clima.

A grande variedade de métodos utilizados dificulta a comparação dos dados levantados, embora seja possível notar desempenho superior por conta dos telhados verdes intensivos em relação ao controle de retenção do escoamento superficial e controle de temperatura em todos os estudos apontados.

Outro ponto importante a ser destacado é a incompatibilidade na classificação de telhados verdes extensivos e intensivos quanto a altura do substrato, pois este valor aparece de forma diferenciada em cada estudo, sendo que alguns autores consideram que substratos maiores que 15 cm podem ser considerados como intensivos, enquanto outros acreditam que estes devem ser maiores ou iguais a 30 cm.

Uma variável de grande influência no desempenho hidrológico e térmico de telhados verdes é o clima, o que nos mostra mais uma vez a necessidade de estudos que avaliem telhados verdes intensivos no Brasil, avaliando o comportamento destes no panorama nacional.

Sendo assim, sugere-se que futuras pesquisas desenvolvam novos experimentos que avaliem o comportamento térmico e hidrológico de telhados verdes intensivos, contribuindo assim com novos dados para que a confiabilidade da pesquisa na área seja aumentada.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beecham, S.; Razzaghmanesh, M. (2015). *Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate*. In: *Water Research*, v. 70, p. 370–384.
- Castiglia Feitosa, R.; Wilkinson, S. (2016). *Modelling green roof stormwater response for different soil depths*. In: *Landscape and Urban Planning*, v. 153, p. 170–179.

- Darkwa, J.; Darkwa, J.; Suba, G.; Kokogiannakis, G. (2013). *An investigation into the thermophysical properties and energy dynamics of an intensive green roof*. In: *JP Journal of Heat and Mass Transfer*, v. 7, p. 65-84.
- Francis, L. F. M.; Jensen, M. B. (2017). *Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services*. In: *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 28, p. 167–176.
- Fontes-Pereira, A. (2017). *Revisão sistemática de literatura: como escrever um artigo científico em 72 horas*. Rio de Janeiro.
- Gargari, C.; Bibbiani, C.; Fantozzi, F.; Campiotti, C. A. (2016). *Simulation of the Thermal Behaviour of a Building Retrofitted with a Green Roof: Optimization of Energy Efficiency with Reference to Italian Climatic Zones*. In: *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 8, p. 628–636.
- Jim, C. Y.; Tsang, S. W. (2011). *Biophysical properties and thermal performance of an intensive green roof*. *Building and Environment*, v. 46, p. 1263–1274.
- Lee, L. S. H.; Jim, C. Y. (2018). *Thermal-cooling performance of subtropical green roof with deep substrate and woodland vegetation*. In: *Ecological Engineering*, v. 119, p. 8–18.
- Liberati, A.; Altman, D. G.; Tetzlaff, J.; Mulrow, C.; Gøtzsche, P. C.; Ioannidis, J. P. A.; Moher, D. (2009). *The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration*. In: *PLoS Medicine*, v. 6(7), e1000100.
- Mentens, J.; Raes, D.; Hermy, M. (2006). *Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?* In: *Landscape and Urban Planning*, v. 77(3), p. 217–226.
- Morakinyo, T. E.; Dahanayake, K. W. D. K. C.; Ng, E.; Chow, C. L. (2017). *Temperature and cooling demand reduction by green-roof types in different climates and urban densities: A co-simulation parametric study*. In: *Energy and Buildings*, v. 145, p. 226–237.
- Razzaghmanesh, M.; Beecham, S. (2014). *The hydrological behaviour of extensive and intensive green roofs in a dry climate*. In: *Science of The Total Environment*, v. 499, p. 284–296.
- Scharf, B.; Zluwa, I. (2017). *Case study investigation of the building physical properties of seven different green roof systems*. In: *Energy and Buildings*, v. 151, p. 564–573.
- Silva, C. M.; Gomes, M. G.; Silva, M. (2016). *Green roofs energy performance in Mediterranean climate*. In: *Energy and Buildings*, v. 116, p. 318–325.
- Speak, A. F.; Rothwell, J. J.; Lindley, S. J.; Smith, C. L. (2013). *Rainwater runoff retention on an aged intensive green roof*. In: *Science of The Total Environment* v. 461–462, p. 28–38.
- Tam, V. W. Y.; Wang, J.; Le, K. N. (2016). *Thermal insulation and cost effectiveness of green-roof systems: An empirical study in Hong Kong*. In: *Building and Environment*, v. 110, p. 46–54.
- Uhl, M. (2008). *Green Roof Storm Water Retention-Monitoring Results*. In: *11th International Conference on Urban Drainage*, Edinburgh, Scotland, UK.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil (PPGECC) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).



# ILUMINAÇÃO NATURAL COMO FATOR DE QUALIDADE: ESTUDOS DE CASO CHILENOS

Camila Feliciano ([camilacaetano.arq@gmail.com](mailto:camilacaetano.arq@gmail.com))

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) - Brazil

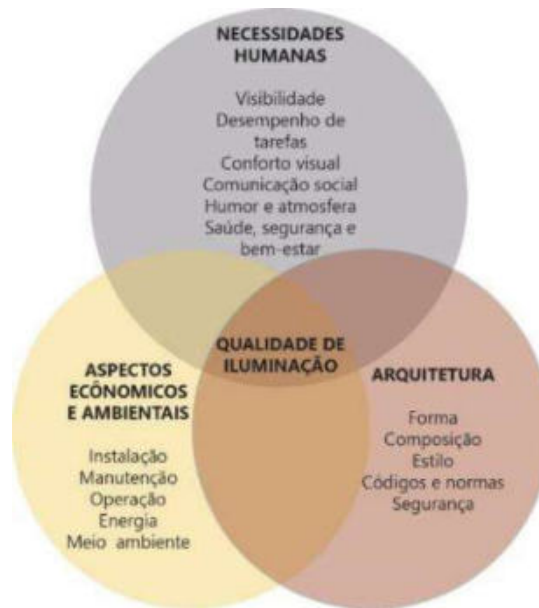
**Palavras chave:** habitações de interesse social, iluminação natural, qualidade ambiental, janelas.

*Nos últimos anos ocorreu no mundo, um aumento das pesquisas centradas na avaliação da qualidade ambiental em habitações de interesse social. Muitas delas apontam para a necessidade de uma revisão crítica dessa tipologia arquitetônica em relação ao modo que está iluminada. Pois, tem se apresentado de forma insatisfatória tanto em seu dimensionamento quanto em relação à percepção dos usuários. As avaliações realizadas, em sua maioria, ainda restringem a verificação da qualidade em iluminação à uma busca por resultados baseados em padrões de normativas ou certificações de eficiência energética. Para ampliar o conceito de qualidade, o presente estudo focou-se em uma avaliação centrada na percepção dos usuários, em suas necessidades visuais, grau de satisfação e sensação de bem-estar. Nesta pesquisa optou-se pela realização do estudo de caso como metodologia de pesquisa. Para tal, foram selecionados dois conjuntos de habitações de interesse social localizados no Chile e projetados por arquitetos experientes no tema: Iván Theodoluz e o estúdio ELEMENTAL, do premiado arquiteto Alejandro Aravena. A avaliação foi realizada em quatro salas de estar de diferentes apartamentos nos distintos conjuntos. A metodologia empregou a realização de um levantamento documental dos projetos e o estudo de campo com aplicação de questionários com os moradores, realizada no mês de setembro de 2016. Resultados obtidos demonstraram uma relação forte entre a qualidade ambiental percebida e a tipologia das esquadrias, bem como a necessidade dos usuários de maior controle sobre a iluminação natural disponível.*

## 1. INTRODUÇÃO

A complexidade do mundo contemporâneo fez aumentar o estímulo ao debate e a consequente busca por qualidade no ambiente construído. As pesquisas nos últimos anos têm comprovado os benefícios inquestionáveis à sua saúde física e mental que a luz natural pode causar aos seres humanos (BOYCE; HUNTER e HOWLETT, 2003; VEITCH, CHRISTOFFERSEN e GALASIU, 2013; BOUBEKRI, 2014).

No final no início dos anos 2000, o Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) publicou na 9ª edição do IESNA – The Lighting Handbook Reference & Application, no capítulo Qualidade do ambiente visual, um modelo integrado de qualidade em iluminação. A partir da publicação deste modelo, muitos estudos sobre o tema passaram a adotar os conceitos definidos por ele, como norteadores na busca da qualidade em iluminação. O modelo defende que a avaliação de qualidade deve buscar informações em três dimensões: as necessidades humanas, os aspectos ambientais do projeto e as características específicas da arquitetura (figura 01).



**Figura 1.** Método integrado de iluminação.

Há uma vertente de estudos sobre a avaliação de qualidade ambiental e espacial, que adota uma metodologia de viés mais perceptivo, relacionado a observação do comportamento do usuário no edifício e corroborando com os estudos de psicologia ambiental (REIS e LAY, 2006; REIS, 2009; RHEINGANTZ e PEDRO, 2013). A interação entre as ferramentas de análise da psicologia ambiental e arquitetura podem fornecer informações importantes nas atividades de projeto, principalmente para orientar soluções mais adequadas às necessidades dos usuários (FEDRIZZI e TOMASINI, 2008; ORNSTEIN, 2005; PINHEIRO, ELALI e FERNANDES, 2008). O conhecimento de tais atitudes e comportamentos passa a ser fundamental para qualificar o projeto e, conseqüentemente, para avaliar o desempenho do ambiente construído.

Nos últimos anos, algumas pesquisas também enfatizaram a relação entre a possibilidade de contato visual com o exterior e a melhora na sensação de bem-estar e satisfação dos usuários. Acredita-se que a o visual para o exterior é importante por razões psicológicas e fisiológicas, fornecendo pistas sobre a hora do dia e as condições meteorológicas (KULLER e LINDSTEN, 1992; IESNA, 2000). Pesquisas empíricas comprovaram que a luz do dia através das janelas regula importantes funções fisiológicas em ciclos diários, e promove sentimentos positivos de bem-estar e ânimo, contribuindo para a segurança e serenidade (VEITCH, CHRISTOFFERSEN e GALASIU, 2013).

### **1.1. As questões habitacionais na América Latina**

A problemática do déficit habitacional e dos assentamentos irregulares está presente em todos os países da América Latina. Ela está relacionada a estrutura da formação urbana das cidades, tendo como origem, o rápido e desordenado crescimento e expansão das mesmas.

Neste contexto, cada país adotou estratégias próprias para tentar minimizar o problema. O Chile é um dos países mais urbanizados da América Latina e possui um histórico na condução da problemática habitacional muito interessante, que serviu de inspiração para muitos outros países, por sua eficiência e adequação a realidade do país. O país possui políticas habitacionais desde o século XIX, e nos anos de 1930 foi pioneiro ao criar um Departamento de Habitação voltado para a questão do financiamento habitacional (RUBIN, 2013).

No final da década de 1990, os governos latino americanos começaram a mudar o foco das políticas habitacionais. Houve a ciência de que, para diminuir o problema do déficit

habitacional, as políticas públicas tinham que trabalhar questões maiores do que a simples entrega de casas prontas para a população. Devendo assim, incorporar estratégias de redução da desigualdade social e da pobreza. Em 1997, o governo Chileno criou o programa participativo Chile Barrio. Esta política tinha como objetivo contribuir para a superação da pobreza de habitantes de bairros degradados e precários do país, através da melhoria substancial na sua situação residencial, levando qualidade ao seu habitat e oportunidades de integração social e profissional (VERA, 1999).

Foi nesse período, no ano de 2001, que o estúdio ELEMENTAL projetou a Quinta Monroy. Conjunto este, que divulgou internacionalmente as inovações nos processos econômicos-sociais e de envolvimento adotadas pelo escritório no projeto de habitações de interesse social desenvolvidos juntamente com a comunidade.

## 1.2. O projeto centrado no usuário

O estúdio ELEMENTAL tem com um de suas metodologias, a inclusão do morador no processo de concepção do projeto. Onde, os mesmos, fazem parte da solução e não do problema. Esse tipo de resposta aos problemas do projeto arquitetônico, originaram soluções como a Incremental housing, por exemplo. Esta solução arquitetônica baseia-se em entregar “meia casa” construída para os moradores financiada pelo governo e deixar por conta deles a ampliação da outra “meia casa”. Nessa dinâmica, o escritório entregaria pronta a estrutura e outros pontos da construção que o morador não conseguiria realizar sozinho.

Nos estudos de iluminação em arquitetura a metodologia de projeto de iluminação que coloca o usuário no centro do projeto é chamada Human Centric Lighting. Walerczyk (2012), pesquisador do Human Centric Lighting Research, divulgou um artigo que apresenta um modelo com destaque para seis importantes questões, que segundo o autor, devem ser consideradas no projeto de uma iluminação centrada no usuário, são elas: humor, produtividade, sustentabilidade, alcance visual, ciclo circadiano, percepção e produtividade.

O processo de criação dos ambientes deveria considerar mais a participação dos usuários e suas percepções. Pois, as influências positivas e negativas que os espaços construídos exercem nos usuários são diretas. A possibilidade de modificar livremente o ambiente e a responsabilidade que isso representa torna essencial a discussão do projeto enquanto meio utilizado para o reconhecimento das necessidades humanas e o seu rebatimento no espaço físico (PINHEIRO, ELALI e FERNANDES, 2008).

## 2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a percepção de qualidade da iluminação natural dos moradores nas salas de estar dos apartamentos nos conjuntos habitacionais chilenos. Como objetivos específicos, também, avaliar a percepção da atmosfera da iluminação natural dos usuários e a sua satisfação.

## 3. METODOLOGIA

Para realização da pesquisa foram selecionados dois conjuntos habitacionais a serem estudados. Para atingir esse objetivo, foram adotados alguns critérios de seleção. O primeiro foi a relevância dos conjuntos habitacionais. Já o segundo critério foi a experiência do autor na produção de conjuntos de habitação de interesse social.

A motivação da escolha desses locais de estudo foi a expectativa de que, na pesquisa empírica, os resultados encontrados para a qualidade da iluminação fossem os mais próximos possíveis de uma percepção ótima.

A seleção indicou dois conjuntos para avaliação. O primeiro conjunto selecionado foi o Playa Ancha projetado pelo estúdio ELEMENTAL, liderado pelo arquiteto mundialmente conhecido, Alejandro Aravena. Construído no ano de 2010, com um total de 22.152 m<sup>2</sup> de área construída, o conjunto possui um total de 150 unidades duplex com 65 m<sup>2</sup>, organizados em sete blocos em formato de lâmina como mostra a foto aérea.

O segundo conjunto selecionado foi o Néó Cité San Francisco do arquiteto Iván Theodoluz, localizado no centro da cidade de Santiago, no Chile. Inaugurado em 2014, o conjunto possui um total de 3.078 m<sup>2</sup> de área construída, distribuídos em quatro andares, cada unidade duplex possuiu de 55 a 70 m<sup>2</sup> (figura 2 e 3).

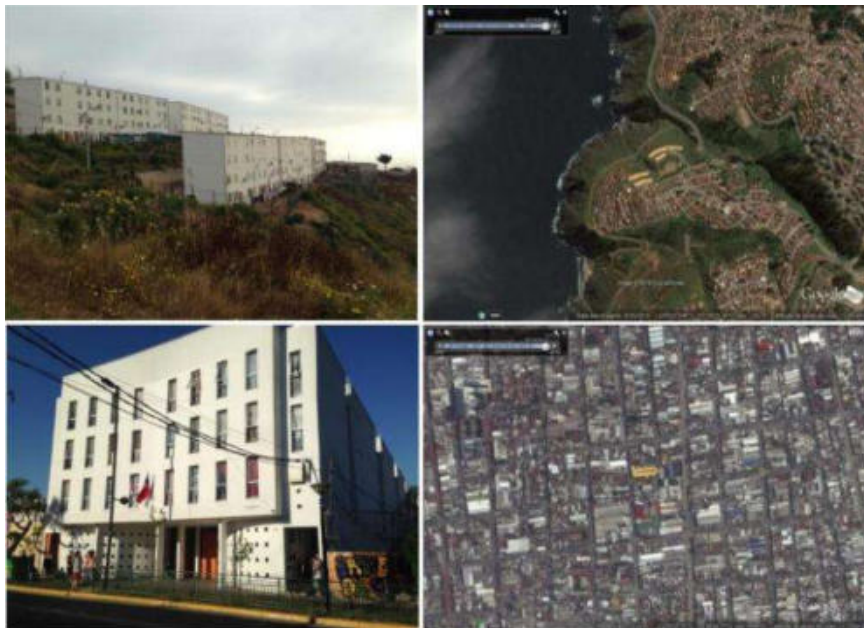


Figura 2. Da esquerda para direita em sentido horário: lateral do Conjunto Playa Ancha; foto aérea destacando Conjunto Playa Ancha na malha urbana; foto aérea destacando o Conjunto Habitacional Néó Cité São Francisco na malha urbana e fachada frontal do Conjunto Néó Cité São Francisco.

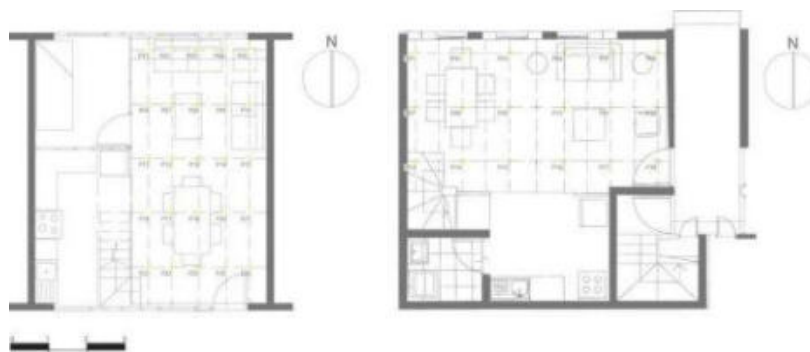


Figura 3. Planta dos conjuntos Playa Ancha (esquerda) e Néó Cité San Francisco (direita) com a malha de pontos realizada para o levantamento de iluminância.

A pesquisa compreendeu cinco fases: revisão bibliográfica; levantamento de dados do projeto; levantamento das iluminâncias; levantamento das dimensões da fachada e das esquadrias e, por último, levantamento da percepção da qualidade, atmosfera e satisfação do usuário no ambiente.

Da primeira fase da pesquisa, que consistiu na revisão bibliográfica dos conceitos relacionados ao estudo, houve a construção da matriz de análise relativa às propriedades da luz e da percepção da iluminação. Esta matriz (tabela 1) contribuiu para a elaboração dos instrumentos da pesquisa e as fases seguintes do estudo.

Tabela 1. Variáveis da pesquisa

O que estou avaliando?	Como estou avaliando?	Com que instrumentos estou avaliando?	Porque estou avaliando?	Unidades	Referências/ autores
Propriedades da luz					
Iluminância	Medição de quantidade de luz natural e elétrica nos ambientes	Luxímetro	Para levantar dados quantitativos de distribuição da luz nos ambientes	Lux	NBR 5413 - Iluminação de interiores
Aspectos visuais					
Desempenho Visual (visual and task performance)	Através de uma régua métrica de variação 1 a 5, onde 1 está para pobre e 5 para excelente	Questionário	Para avaliar a qualidade iluminação percebida pelo usuário no ambiente	Escala numérica de 1 a 5	VEITCH, 1996. ZUMTOBEL, 2013
Conforto visual (visual comfort)	Através de uma régua métrica de variação 1 a 5, onde 1 está para pobre e 5 para excelente	Questionário	Para avaliar a qualidade iluminação percebida pelo usuário no ambiente	Escala numérica de 1 a 5	VEITCH, 1996. ZUMTOBEL, 2013
Vista (impressão visual)	Através de uma régua métrica de variação 1 a 5, onde 1 está para pobre e 5 para excelente	Questionário	Para avaliar a qualidade iluminação percebida pelo usuário no ambiente	Escala numérica de 1 a 5	VEITCH, 1996. ZUMTOBEL, 2013
Aspectos não visuais e da atmosfera					
Vitalidade (Vitality)	Através de uma escala métrica de variação 1 a 5, onde 1 está para pobre e 5 para excelente	Questionário	Para avaliar a qualidade iluminação percebida pelo usuário no ambiente	Escala numérica de 1 a 5	ZUMTOBEL, 2013
Empoderamento/ poder de escolha (empowerment)	Através de uma escala métrica de variação 1 a 5, onde 1 está para pobre e 5 para excelente	Questionário	Para avaliar a qualidade iluminação percebida pelo usuário no ambiente	Escala numérica de 1 a 5	ZUMTOBEL, 2013
O que estou avaliando?	Como estou avaliando?	Com que instrumentos estou avaliando?	Porque estou avaliando?	Unidades	Referências/ autores
Aspectos da atmosfera					
Aconchego (cosiness)	Através de uma escala métrica de variação (+) e (-), onde (+) está p/ mais se aplica e (-) menos está p/ não se aplica o significado desta palavra p/ a descrição da atmosfera	Questionário	Para determinar se a forma como os usuários percebem as propriedades da luz influenciam na sua percepção do ambiente	Palavras chaves: Agradável; Acolhedor	VOGELS, 2008
Vivacidade (liveliness)	Através de uma escala métrica de variação (+) e (-), onde (+) está p/ mais se aplica e (-) menos está p/ não se aplica o significado desta palavra p/ a descrição da atmosfera	Questionário	Para determinar se a forma como os usuários percebem as propriedades da luz influenciam na sua percepção do ambiente	Palavras chaves: Radiante; Tediosa; Entediante; Animada	VOGELS, 2008
Tensão (tenseness)	Através de uma escala métrica de variação (+) e (-), onde (+) está p/ mais se aplica e (-) menos está p/ não se aplica o significado desta palavra p/ a descrição da atmosfera	Questionário	Para determinar se a forma como os usuários percebem as propriedades da luz influenciam na sua percepção do ambiente	Palavras chaves: Inquietante; Tranquila; Tensa; Segura; Relaxante	VOGELS, 2008



Dos métodos de pesquisa em iluminação estudadas, duas foram adotadas para a realização da pesquisa. O primeiro método de avaliação adotado foi o indicador de qualidade Ergonomic Lighting Indicator (ELI) – ou Indicador Ergonômico de Iluminação -, elaborado pelo Grupo Zumtobel no ano de 2006. O objetivo desse indicador é quantificar a qualidade de iluminação de um ambiente, englobando um total de cinco aspectos: desempenho visual, vista, conforto visual, vitalidade e empoderamento. Cada um dos cinco critérios pretende avaliar um aspecto da qualidade em iluminação da seguinte maneira:

- Desempenho visual: avalia quão bem as tarefas podem ser realizadas ou os objetos no ambiente podem ser identificados;
- Vista: classifica como a solução de iluminação é experimentada e que impressão ela deixa;
- Conforto visual: considera como as condições de visualização estão no ambiente, se são agradáveis ou não;
- Vitalidade: classifica se é positiva a influência da iluminação no relógio biológico humano;
- Empoderamento: avalia a capacidade de controle de iluminação por parte dos usuários, quão bem o ambiente está iluminado e o quanto ele se adapta às necessidades dos mesmos.

Os critérios são medidos numa escala métrica de variação de 0 a 5 e são representados em um gráfico de aranha.

O primeiro método foi o Atmosphere metrics desenvolvido por Vogels (2008). Nele, a autora desenvolve um conceito que permite uma avaliação afetiva do ambiente. Pois, é possível que uma pessoa avalie um ambiente como "relaxante", mesmo estando com uma mente estressada. Desta forma, embora as pessoas possam ter opiniões diferentes sobre a atmosfera de um espaço, a percepção ambiental é semelhante.

O método para avaliação da percepção da atmosfera se apoia na utilização de uma escala semântica de mensuração de dupla avaliação bipolar de sete pontos. Nas quais são avaliados os extremos "muito aplicável" e "não se aplica", relacionadas palavras que descreveriam as quatro dimensões subjacentes: conforto, vitalidade, tensão e destacamento. No presente estudo serão avaliadas somente três dimensões da atmosfera: conforto, vitalidade e tensão. Vogels (2008) defende que a percepção de um ambiente é mais universal do que parece. Para a autora, a atmosfera de um ambiente pode ser reproduzida nos parâmetros e características da iluminação, se tornando mais mensurável e factível de comparação

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A coleta de dados e o levantamento físico dos espaços ocorreu no final do inverno. Nos dias 24/09/2016, 27/09/2016 e 28/09/2016, sendo visitados quatro apartamentos de cada conjunto. Os levantamentos foram realizados no horário entre às 16h 30min e às 18h 30min. As temperaturas durante esses dias variaram entre 13° a 16° C.

O levantamento de iluminância levou em consideração três situações: luz natural (1); luz natural mais o elemento de controle (2); luz natural mais o elemento de controle e mais luz elétrica acionada (3) (figura 4).



Figura 4. Na primeira linha de imagens: registro interno de um dos apartamentos do Conjunto Néo Cité San Francisco – situação 1,2 e 3 na sequência. Na segunda linha horizontal de imagens: registro interno de um dos apartamentos do Conjunto Playa Ancha – situação 1,2 e 3 na sequência.

A razão do m<sup>2</sup> de abertura por m<sup>2</sup> de ambiente no Conjunto Néo Cité San Francisco é 0,12 e no Conjunto Playa Ancha é 0,11. Sendo, valores de abertura muito próximos, que pode ainda que não em completude, indicar similaridade das atmosferas criadas pela iluminação natural nestes ambientes.

Os dados de iluminância variaram bastante de apartamento para apartamento devido ao horário das medições, a localização no arranjo volumétrico do edifício e a diferenças dos revestimentos internos nas paredes das salas.

No Brasil, a NBR 5413 - Iluminação de interiores, adota a quantidade mínima estabelecida para iluminação da sala de estar de 100 lux, no Chile as pesquisas indicaram que o valor de referência adotado é 150 lux. Observando a tabela 2, com esses dados em mãos, para a pesquisa aqui realizada, é relevante considerar que: em todos os casos, levando em conta as variações; não há um excesso ou falta de luz natural adequada às condições mínimas exigidas por normas durante a realização da pesquisa.

Tabela 2. Resumo dos dados levantados

Apartamentos	Neo Cité San Francisco				Playa Ancha			
	AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5	AP 6	AP 7	AP 8
Iluminância média (lux)	165	101,5	52	258,5	174,5	105	15	76

As primeiras questões do questionário foram voltadas a avaliação da qualidade através dos cinco aspectos de ELI. Foi calculada a média aritmética das respostas dos moradores e gerados gráficos tipo aranha de cada um dos conjuntos analisados (figura 5).

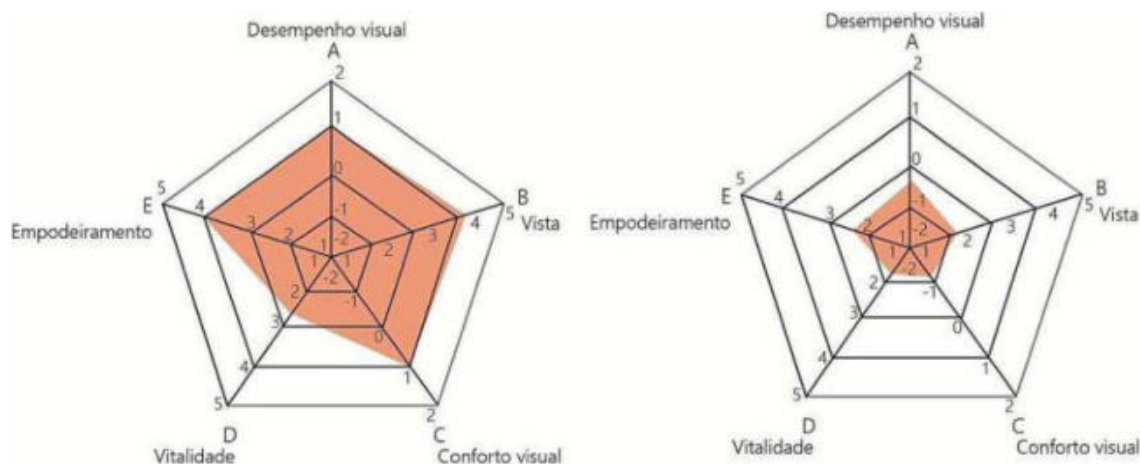


Figura 5. Representação gráfica dos resultados médios obtidos pelos conjuntos na avaliação do Indicador Ergonômico de Iluminação (ELI). À esquerda a avaliação do Conjunto Playa Ancha e à direita Conjunto Néó Cité San Francisco.

Na análise ELI, no Conjunto Playa Ancha os moradores avaliaram a sala de estar com uma melhor qualidade de iluminação natural se comparado ao Conjunto Néó Cité San Francisco. Visto que as salas dos conjuntos possuem um arranjo interno e porcentagem de iluminação muito semelhante (o que poderia configurar uma percepção interna comum). A diferença de respostas pode estar relacionada aos diferentes valores de refletância interna das paredes (tabela 3), iluminância e até mesmo visual para o exterior das janelas. Vale também levantar a possibilidade de que mesmo se tratando de populações de mesma nacionalidade, os moradores podem possuir processos cognitivos diferentes. Pois, as cidades avaliadas são distintas, uma mais urbana (Santiago) e outra mais interiorana (Valparaíso).

**Tabela 2.** Refletância das paredes por apartamento

Apartamentos	Neo Cité San Francisco				Playa Ancha			
	AP 1	AP 2	AP 3	AP 4	AP 5	AP 6	AP 7	AP 8
Refletância das paredes (%) Fonte: Sato, Loh e Silva (2012) e Castro (2003)	45	45	65	45	85	59	85	85

Com relação à satisfação dos usuários 70% do total se mostraram satisfeitos. Um morador do Conjunto Néó Cité San Francisco disse ainda na entrevista que estaria mais satisfeito, se da janela fosse possível visualizar algum tipo de verde no pátio interno para onde está direcionada a vista da sua janela. Pois o arranjo formal do Conjunto Néó Cité San Francisco é fechado com uma praça interna para onde todas as janelas se abrem, não possuindo nenhum jardim interno. Diferente do conjunto Playa Ancha onde suas janelas abrem vista em direção ao mar.

A segunda parte do questionário estava relacionada a aplicação do conceito Atmosphere metrics. Neste item, as respostas dos moradores do Conjunto Neo Cité San Francisco indicaram atmosferas mais confortáveis (75%), menos vivas (75%) e mais tensas (55%). No Conjunto Playa Ancha, as respostas dos moradores indicaram ambientes mais confortáveis (75%), menos vivos (100%) e menos tensos (75%).

Em entrevista para a pesquisadora, os arquitetos autores dos projetos afirmaram que, no que compreende as soluções de iluminação, procuraram atender o mínimo de iluminação natural exigido pela legislação lei. Buscando otimizar com o mínimo necessário para um melhor aproveitamento da iluminação e ventilação natural. Com relação as esquadrias, ambos afirmaram que fizeram opções por modelos encontrados no mercado, não havendo nenhum projeto específico para o desenho das mesmas.

Os arquitetos relataram ainda, uma preocupação com a participação dos moradores no desenvolvimento dos projetos das habitações, mesmo que o empoderamento dos mesmos na prática não ocorresse em sua completude. Devido à acontecimentos que emperrassem de alguma forma o andamento dos projetos, tais como: mudanças de lideranças comunitárias e/ou problemas de ordem burocrática e governamental.

## 5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento da pesquisa induziu desde o início à uma resposta de que, o projeto dos ambientes buscando uma maior incidência de iluminação e com melhor controle da entrada da luz natural direta e com visuais para o exterior mais agradáveis, poderiam proporcionar aos usuários uma melhor percepção de qualidade ambiental interna. No desenrolar da pesquisa, essa premissa foi confirmada e o objetivo central foi concluído. No que compete aos métodos de estudo utilizados, ambos se mostraram consistentes para avaliar a qualidade a partir da percepção dos moradores, apesar da pequena amostra do estudo exploratório.

Conclui-se também que questões de qualidade ambiental interna, ainda não são prioritárias para profissionais que projetam as habitações de interesse social, visto os desafios que o projeto desse uso arquitetônico carrega. Espera-se que a divulgação dos resultados deste estudo estimule arquitetos a encararem o projeto das habitações de interesse social a outro nível, o da maior preocupação com experimentação de diferentes opções de janelas e distribuição da luz natural. Entendendo que, a garantia da qualidade ambiental não está necessariamente relacionada com o investimento em altas tecnologias, mas no uso de ferramentas contemporâneas do estudo do lugar e da luz, em uma melhor compreensão da influência que a luz natural tem para o bem-estar e satisfação dos seres humanos nos ambientes.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUBEKRI, M, (2014). *Daylighting Design: Planning Strategies and Best Practice Solutions*. University of Illinois at Urbana-Champaign, USA. Birkhäuser Basel.
- BOYCE, P., HUNTER, C. e HOWLETT, O. (2003). *The Benefits of Daylight through Windows*. Relatório de Pesquisa/2003, New York, EUA, Lighting Research Center Rensselaer Polytechnic Institute, Troy. Disponível em <<http://thedaylightsite.com/wpcontent/uploads/papers/DaylightBenefits.pdf>>.
- CASTRO, S., LABAKI, C., CARAM, M., BASSO, A., e FERNANDES, M. R. (2003). *Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral*. *Ambiente Construído*, 3(2), 6976.
- FEDRIZZI, B.; TOMASINI, S. (2008). *Projetando Ambientes mais sustentáveis com a Colaboração da Psicologia Ambiental*. In: José Queiros Pinheiro, Hartmut Ginter. (Org.). *Métodos de Pesquisa nos estudos Pessoa-Ambiente*. p. 313-342. São Paulo, Editora Casa do Psicólogo
- IESNA, *Illuminating Engineering Society of North America*. (2000). *Lighting Handbook: Reference & Application*. 9ª ed.
- KÜLLER, R., e LINDSTEN, C. (1992). *Health and behavior of children in classrooms with and without windows*. *Journal of Environmental Psychology*. 12(4), p. 305-317.
- PINHEIRO, J. e ELALI, G. e FERNANDES, O (2008). *Observando a interação pessoa-ambiente: vestígios ambientais e mapeamento comportamental*. In: PINHEIRO, J.; GÜNTHER, H. (Org.). *Métodos de pesquisa nos estudos pessoa-ambiente*. p. 75-104. 1ªed. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- REIS, A. T. (2009). *A Abordagem Perceptiva e Cognitiva e os Métodos de Avaliação de Projetos de Edificações e Espaços Urbanos*. In SBQP 2009-Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. São Paulo. p. 55-66. Disponível em <<http://www.iau.usp.br/ocs/index.php/SBQP2009/SBQP2009/paper/view/201/0>>.

- REIS, A. e LAY, M. (2006). *Avaliação da qualidade de projetos – uma abordagem perceptiva e cognitiva*. *Revista ambiente construído*. 6(3), p. 21-34.
- RHEINGANTZ, P. A e PEDRO, R. (2013). *A atuação do observador-pesquisador na avaliação da habitação*. In: Ornstein, Sheila W.; Villa, Simone. B. (Org.). *Qualidade ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação*. p. 53-74. 1ªed. São Paulo: Oficina de Textos.
- RUBIN, G. (2013). *O Problema Habitacional na América Latina: Exemplos do Brasil e Chile*. *Revista Geo UERJ*. p. 125-144. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.12957/geouerj>>.
- SATO, N., LOH, K., e SILVA, I. L. M. (2012). *Caracterização da refletância de superfícies externas de coberturas e paredes*. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora–MG.
- VEITCH, J. A.; CHRISTOFFERSEN, J.; GALASIU, A. D. (2013). *What we know about windows and well-being and what we need to know*. *Proceedings of the CIE Centenary Conference “Towards a New Century of Light”, Paris, France*. Disponível em <<http://nparc.cisti-icist.nrcnrc.gc.ca/eng/view/accepted/?id=b20f4747-e797-4664-9908-ce6fced38785>>.
- VERA, J.A.M. (1999) *El programa Chile – Barrio y sus aportes a la modernización de la gestión pública Estudio de Caso*. *Dissertação de Mestrado, Universidad do Chile, Santiago, Chile*. Disponível em <[http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/articles-66381\\_recurso\\_1.pdf](http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/documentos/articles-66381_recurso_1.pdf)>.
- VOGELS, I. (2008). *Atmosphere Metrics: a tool to quantify perceived Atmosphere*. *Philips Research*. Disponível em <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.573.2564&rep=rep1&type=pdf>>.
- WALERCZYK, S. (2012). *Human Centric Lighting*. *Architectural SSL Magazine*, 20-26. Disponível em <<http://humancentriclighting.com/wp-content/uploads/2012/07/Stan-Article-SSL1.pdf>>.
- ZUMTOBEL. (2013). *Humanergy balance*. Disponível em <[www.zumtobel.com/humanergybalance](http://www.zumtobel.com/humanergybalance)>.

## 7. AGRADECIMENTOS

A autora agradece aos arquitetos responsáveis pelos projetos estudados, estúdio ELEMENTAL e ao arquiteto Iván Theodoluz, pela paciência e disposição fornecer informações sobre seus projetos e a troca na realização da pesquisa. Também aos membros das comunidades que nos receberam em suas casas e disponibilizaram seu tempo.



## REHABILITACIÓN SOSTENIBLE DE VIVIENDAS INFORMALES DESDE LA CALIDAD DE VIDA

Veronica Lopera Aguirre (vloperaa@unal.edu.co); Alexander Gonzalez Castaño  
(alegonzalezcas@unal.edu.co)

Universidad Nacional de Colombia - Colombia

Universidad Pontificia Bolivariana - Colombia

**Palabras clave:** rehabilitación de viviendas, sostenibilidad, calidad de vida, mejoramiento.

*En Colombia, la constitución política promueve el derecho a una vivienda digna, pero en la realidad, el desarrollo urbano acelerado y sin control en las principales ciudades del país, refleja déficits cuantitativos y cualitativos de vivienda de 554.087 y 1'093.006 respectivamente, para el año 2012, según el DANE. Los sectores de bajos ingresos económicos han participado activamente, de la construcción de ciudad, por medio de la autoproducción de vivienda que se consolida con el tiempo en entornos urbano de barrios informales. Esta situación determina que la rehabilitación deba ser un punto prioritario en la investigación de hábitat, porque la llamada ciudad informal constituye más del 24% de las áreas urbanizadas de las ciudades colombianas. El objetivo de esta ponencia es analizar la rehabilitación sostenible para el hábitat residencial, bajo los parámetros de calidad de vida y sostenibilidad como aporte a las viviendas informales, planteando un comparativo entre los métodos de diagnóstico y priorización utilizados actualmente y uno planteado desde la sostenibilidad enfocado a la calidad de vida, por medio de casos de estudio localizados en la ciudad de Medellín. Al final de este proceso se espera mejorar el enfoque de las intervenciones en vivienda existente.*

### 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, el artículo 51 de la Constitución Política determina que: “Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda” (Corte Constitucional de Colombia, 1991), donde se hace referencia al factor cuantitativo y se asume la vivienda como un compromiso del Estado con el ciudadano. Pero a pesar de que la carta magna, promueve el derecho a la vivienda digna y fija las condiciones necesarias para concretar este objetivo, en la realidad, el desarrollo urbano acelerado y sin control en las principales ciudades del país durante los últimos 60 años, refleja déficits cuantitativos y cualitativos de vivienda de 554.087 y 1'093.006 unidades respectivamente, para el año 2012, según el DANE (2015).

No obstante, con acciones como la transferencia de la responsabilidad social del Estado, a entidades privadas como bancos y promotores inmobiliarios, para el desarrollo de viviendas sociales, el problema de la vivienda en Colombia no alcanza una solución de fondo, porque la actuación de este modelo sobre los índices cuantitativos genera unidades residenciales por cobertura, pero que son carentes de factores de habitabilidad, bienestar y eficiencia. Este problema se masifica por todo el territorio nacional debido a la carencia de una política pública de vivienda y hábitat efectiva, que pueda ofrecer a las comunidades de bajos ingresos, tanto la adquisición del inmueble como bien material, como un entorno y ambiente saludable y sostenible.

En contraste entonces, entre las acciones propuestas por el Estado y frente a la realidad urbana actual del país, la expectativa para cerca de seis millones de personas en Colombia,

es un modelo de autoconstrucción que carece de asistencia técnica profesional, condiciones mínimas de seguridad, habitabilidad y ecoeficiencia, como respuesta a la necesidad de construir refugios, mal llamados viviendas y que tiene un trasfondo de segregación determinado por la gestión de las tierras en suelo urbano, destinadas para vivienda social. En las periferias urbanas de las grandes ciudades en Colombia se continúa con un proceso de expansión y consolidación de viviendas informales, carentes de aspectos de viabilidad jurídica, legal, técnica y económica, donde puede verificarse una microeconomía de desarrollo, que no está guiada bajo aspectos técnicos, espaciales y ambientales de la arquitectura como servicio social (Lopera & González, 2016).

Es necesario considerar que los sectores de bajos ingresos económicos han participado activamente, de la construcción de ciudad, por medio de la autoconstrucción de vivienda y en general, de sus entornos urbanos en los denominados barrios informales o invasiones que se consolidan con el tiempo. Pero el problema de la informalidad y la autoconstrucción, es solo la imagen visible de un sistema complejo de relaciones políticas y económicas, relacionadas con la gestión del suelo y el territorio, además de una carente gestión técnica y tecnológica de la construcción, marcada por la ausencia de la arquitectura como servicio civil.

La rehabilitación de edificaciones se ha convertido en una alternativa viable y plausible ante la creciente necesidad de vivienda de la población de bajos recursos y la corta cobertura de los programas de vivienda social, que privilegian la capacidad de endeudamiento para acceder a ella.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo de esta investigación es analizar la rehabilitación sostenible para el hábitat residencial, bajo los parámetros de calidad de vida y sostenibilidad como aporte a las viviendas informales, en la ciudad de Medellín.

## **3. METODOLOGÍA**

Este estudio hace parte de la tesis de maestría Rehabilitación sostenible del hábitat residencial, alternativa de habitabilidad y calidad de vida para habitantes de viviendas informales.

El planteamiento metodológico tiene un carácter mixto, en la primera parte un análisis cuantitativo, mediante la revisión documental existente de los programas de mejoramiento planteados y realizados en la ciudad por el Instituto social de vivienda y hábitat de Medellín (ISVIMED); y en una segunda parte una aproximación cualitativa, por medio de casos de estudio localizados en la comuna 7 de la ciudad de Medellín, planteando un comparativo entre los métodos de diagnóstico y priorización utilizados actualmente y uno planteado desde la sostenibilidad enfocado a la calidad de vida.

Actualmente, aunque este sistema de priorización ayuda a asignar el presupuesto para cada una de las acciones que se van a realizar en la vivienda, no es claro el objetivo de esta clasificación, pues si bien puede haber una mejoría en las condiciones habitacionales, pueden quedar por fuera intervenciones que pueden aportar al mejoramiento de la calidad de vida del grupo familiar.

En Medellín, dentro de su plan de ordenamiento territorial (POT) se determina el programa de mejoramiento integral de Barrios, y las zonas donde este se va a llevar a cabo, la entidad encargada de dichos mejoramientos en materia de vivienda es el Isvimed y para ello se rige por un el decreto 2339 de 2013, establecido para priorizar las intervenciones de acuerdo al presupuesto asignado.

La asignación de dicho presupuesto depende del cumplimiento de ciertos requisitos legales y de tenencia por parte del grupo familiar, y de la clasificación que se le dé al mejoramiento, existen 3 tipos:

- Vivienda saludable: intervenciones que buscan establecer o mantener la vivienda en las condiciones de higiene y estética necesarias, sin afectar la estructura, la distribución interior, las características formales, funcionales y/o volumétricas. En este caso no se requieren licencias de construcción. Este es el tipo de mejoramiento más utilizado.
- Estructural: en este tipo, la vivienda posee una o varias deficiencias básicas de tipo estructural, como son cimientos, muros, cubiertas, estructura principal o presentan hacinamiento crítico, es decir, más de 3 personas por espacio. Para este mejoramiento se requieren permisos o licencias de construcción.
- Reposición: este proceso se inicia cuando el estado de la vivienda es tan crítico, en términos estructurales, o su materialidad es provisional, que requiere ser construida de nuevo. En este caso también se requieren licencias.

Para cada uno de los tipos de mejoramiento existe un subsidio: “vivienda saludable será de hasta quince (15) Salarios mínimos legales mensuales vigentes; en la estructural será de hasta dieciocho (18) salarios mínimos legales mensuales vigentes y tratándose de reposición la cuantía máxima del subsidio municipal será hasta veintitrés (23) salarios mínimos legales mensuales vigentes.” (Alcaldía de Medellín, 2013)

Es importante también dar claridad sobre los criterios de priorización para la elección de los beneficiarios de los subsidios, para ello, el decreto 2339 de 2013 establece una valoración por puntajes, de acuerdo con la composición socioeconómica-familiar y el estado habitacional en el que se encuentra la vivienda.

A la vez, los elementos de calificación habitacional, se convierten en guía para la priorización de intervenciones en la asignación del presupuesto en un mejoramiento de vivienda saludable, es decir, en primer lugar se buscará suplir las carencias en servicios públicos domiciliarios y saneamiento básico, seguido de mejorar los techos en materiales precarios, colocación puerta principal, habilitación cocina, habilitación unidad sanitaria, colocación de pisos, construcción lavadero, colocación puerta baño, colocación ventanas y por último realización de acabados.

Si bien, la calidad de vida es un término polisémico y multidisciplinar, y que depende del punto de vista de quien lo analice, y tiene una interpretación diferente cuando se analizan personas con sus necesidades vitales satisfechas, que cuando se miran poblaciones con sus necesidades básicas por satisfacer, debería ser el enfoque principal de los mejoramientos que realiza el Estado.

Es verdad que analizar la calidad de vida tiene un componente objetivo y otro subjetivo, pues relaciona el tener buenas condiciones de vida, con el alto grado de bienestar que se generan de ellas (Palomba 2002), y de igual manera puede verse como una adaptación entre la realidad y las expectativas, así como las capacidades y necesidades del individuo, en su propia percepción y del grupo social al que pertenece (Rueda 1997), pero si se definen parámetros de habitabilidad claros y su relación con el bienestar, el enfoque puede ser positivo.

Aunque la calidad de vida tiene dos componentes: la parte individual –privada- y la parte social -pública-. (Cardona and Agudelo G 2005), en el caso de la rehabilitación de viviendas, es necesario partir del enfoque individual, dado por el grado de bienestar de un individuo frente al entorno en el que habita y se desarrolla.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la calidad de vida se puede medir a través de ciertas esferas de bienestar: físico, psicológico, grado de independencia, relaciones sociales, entorno y espiritual, estas a su vez se manifiestan por medio de unas facetas. Partiendo de este planteamiento, se establecen ciertos criterios, que tienen relación directa con estos aspectos respecto a la vivienda y pueden facilitar su medición:

Tabla 1. Calidad de vida

<b>Esferas</b>	<b>Facetas</b>	<b>¿Cómo se mide?</b>
<b>Físico</b>	Dolor, malestar	<b>Confort</b>
	Energía, cansancio	
	Sueno, descanso	
<b>Psicológico</b>	Sentimientos positivos	<b>Percepción</b>
	Labor de reflexión, aprendizaje, memoria, concentración	
	Autoestima	
	Imagen y apariencia corporales	
	Sentimientos negativos	
<b>Grado de independencia</b>	Movilidad	<b>Conectividad</b>
	Actividades de la vida diaria	
	Dependencia respecto de medicaciones o tratamientos	
	Capacidad de trabajo	
<b>Relaciones sociales</b>	Relaciones personales	<b>Privacidad</b>
	Apoyo social	
	Actividad sexual	
<b>Entorno</b>	Seguridad física	<b>Salud pública Equipamientos Ubicación Disponibilidad de transporte</b>
	Entorno domestico	
	Recursos financieros	
	Atención sanitaria y social: disponibilidad y calidad	
	Oportunidades para adquirir información y aptitudes nuevas	
	Actividades recreativas: participación y oportunidades	
	Entorno físico (contaminación, ruido, tráfico, clima)	
	Transporte	
<b>Espiritual</b>	Espiritualidad/religión/creencias personales	

Una vez identificados los criterios de medición, puede encontrarse una relación en la manera de medir algunas esferas, por lo que se agrupan en 3 enfoques principales a analizar: confort, entorno y conectividad, y percepción y relacionamiento social; se establecen una serie de cuestionamientos, para ser observados en campo, y a la vez, se plantea un análisis por medio de preguntas, para realizar en una pequeña entrevista, para el tercero de los enfoques:

Tabla 2. Instrumento de medición

Enfoque	Elemento de análisis	
Confort	Térmico	Tiene ventanas
		Tiene patio
		Material de la cubierta
	Visual	Luz natural disponible en el día
		Las ventanas son suficientes
		Tiene acabados
	Acústico	Existen puertas entre los espacios
Esta sobre una vía principal		
Psicológico	Decoración - apropiación	
Entorno y conectividad	Tiene los servicios públicos básicos en buen estado	
	Tiene servicio de recolección de basuras	
	Es de fácil acceso a la vivienda	
	Tiene acceso vehicular	
	Hay rutas de transporte público cercanas	
	Existen centros de salud cerca	
	Existen lugares de recreación cerca	
	Hay supermercados cerca	
Hay escuelas cerca		
Percepción y relacionamiento social	¿Qué piensa de su vivienda?	
	¿Cuántas personas viven en ella?	
	¿Cuál es el espacio que más utiliza?	
	¿Cuál es el espacio que más le gusta?	
	¿Le gustaría hacer algún cambio en su vivienda?	
	¿Qué piensa del barrio en el que vive?	
	¿Conoce sus vecinos?	
	¿Tiene familiares o amigos cerca?	
¿Es religioso? ¿Va a la Iglesia?		

Se logró participar de una serie de visitas a familias seleccionadas para el desarrollo de mejoramientos de vivienda saludable del Isvimed, en la comuna 7 Robledo, permitiendo desarrollar dichas observaciones y entrevistas, y verificar el proceso de diagnóstico actual.

#### 4. RESULTADOS

Una vez tabulada la información levantada en el estudio de campo, respecto al confort, se puede apreciar que, aunque hay existencias de ventanas en los casos analizados, estas no son suficientes para que haya luz natural suficiente durante el día en todos los espacios, o para lograr una correcta ventilación, y esto sumado a que no todos los espacios tienen acabados en pisos y paredes, la ganancia lumínica será menor y ambiente no será el ideal.





Figura 1. Confort

Adicionalmente, se posee muy poca privacidad entre espacios, en las viviendas visitadas la mayoría de los espacios no tenían puertas, reemplazándolas con cortinas cuando se requiere privacidad.

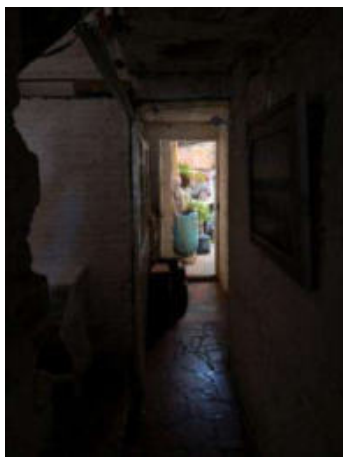


Figura 2. Iluminación natural interior



Figura 3. Cerramientos habitaciones.

Si se analiza el entorno y la conectividad, se encuentra que el barrio analizado tiene buena presencia de transporte público, y espacios de recreación, formación y atención de salud, pero las viviendas no tienen la accesibilidad necesaria, principalmente por su ubicación en pendiente, donde incluso desde la vía debe darse acceso por medio de escaleras, o casos en los que el único medio de acceso son las escaleras, condición que se hace más notoria cuando quienes habitan son personas mayores y su movilidad está reducida.



Figura 4. Entorno y conectividad



Figura 5. Accesibilidad viviendas

Sin embargo, la percepción de las personas sobre su vivienda es buena, resaltan el hecho de que tener su vivienda propia les evita pagar arriendo y eso les genera tranquilidad, todos quieren modificar su vivienda, mejorarla, terminarla, conocen sus vecinos y tienen familiares o amigos cerca, aunque no todos están a gusto de vivir donde están, más allá del hecho de que es propia. La apropiación de los espacios de la vivienda es más evidente en los que destacan como de permanencia y agrado, y son los que primero quieren mejorar.

Cuando se plantearon los mejoramientos por parte de Isvimed, que podían aplicarse según el presupuesto establecido, en este caso \$11.700.000 equivalentes a quince salarios mínimos legales mensuales vigentes en el año 2018, los habitantes quisieron darle prioridad a lo que ellos identificaban como sus necesidades, más allá de si eran realmente necesarias esas mejoras por encima de otras.

## 5. DISCUSIONES

Los subsidios de mejoramiento de vivienda que se manejan en la ciudad, tienen un enfoque principalmente económico, donde el objetivo es mejorar las condiciones de la vivienda según lo que se alcance a ejecutar, priorizando desde factores técnicos donde asignar el presupuesto, dejando por lo tanto situaciones por resolver en la mayoría de los casos, puesto que entre más condiciones precarias tenga la vivienda, menos cobertura alcanza a tener el subsidio. Una vivienda informal, siempre estará en proceso y es susceptible de mejoras, pero esto dependerá de los recursos de la familia disponibles para llevarlo a cabo.

La rehabilitación hace referencia al conjunto de técnicas cuyo fin es recuperar la actividad o función perdida o disminuida, habilitar de nuevo, mientras que el mejoramiento es el cambio o progreso de una cosa que está en condición precaria hacia un estado mejor. Aunque son conceptos similares, al realizar un mejoramiento, no se garantiza que ese cambio, permite la habitabilidad en pleno del espacio, se está en mejores condiciones, pero no necesariamente las óptimas para habitar de una manera adecuada y es una de las razones por las que los mejoramientos que se plantean desde el Isvimed, no alcanzan a cubrir por completo las necesidades de la familia. La rehabilitación sostenible busca precisamente generar un impacto positivo en la problemática en general, y no solo en una de sus causas.

La idea de un hábitat sostenible debe asociarse a la satisfacción de las necesidades humanas, en asentamientos urbanos, que posibiliten un equilibrio entre el entorno ambiental y las condiciones sociales y económicas.

## 6. CONCLUSIONES

Es necesario hacer una revisión de los enfoques actuales del mejoramiento de vivienda realizado por el Isvimed, con el fin de complementarlo y que los recursos se distribuyan de una manera que tenga un mejor impacto en la calidad de vida.

Se debe ser más integral en las intervenciones de vivienda, planteando rehabilitaciones con enfoque de sostenibilidad, donde no debe solo prime el criterio económico, sino de habitabilidad, ecoeficiencia y calidad de vida.

Es importante establecer unas acciones de rehabilitación sostenible que puedan realizarse directamente por el usuario, que permitan mejorar las condiciones de su vivienda y su calidad de vida, al ritmo que sus ingresos se lo permitan y sin necesidad de acceder a subsidios.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artículo:

- *Comité de derechos económicos sociales y culturales. (1991). El derecho a una vivienda adecuada (Art.11, párr. 1).*
- *Turner, J. (1966). A new view of the housing deficit. Rio Piedras, Puerto Rico: University of Puerto Rico.*
- *Onu-Hábitat. (2011). Affordable Land and Housing in Europe and North America. UN-Habitat.*

Artículo en eventos:

- *Lopera, V., & González, A. (2016). Housing rehabilitation as Strategy for Sustainable Urban Regeneration. In PLEA. Los Angeles.*
- *Mejía, M. (2017). Habitat, génesis y evolución en la ONU. Medellín: Contenido de Asignatura de posgrado: Habitabilidad como condición de lo habitable: indicadores y vivienda adecuada. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia.*

Documento electrónico:

- *Dane. (2015). Déficit de vivienda. Retrieved November 3, 2015, disponible en <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/deficit-de-vivienda>*

Normativa:

- *Alcaldía de Medellín. Decreto Número 2339 De 2013 (2013). Medellín.*
- *Corte Constitucional de Colombia. (1991). Artículo 51 (p. art. 51). Colombia. Disponible en <http://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-2/articulo-51>*

## 8. AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Social de Vivienda y Hábitat de Medellín, por permitir el acompañamiento en sus procesos de mejoramiento, y estar dispuestos a escuchar nuevos métodos y enfoques para mejorar la aplicación de los mismos.

# URBANISMO SUSTENTÁVEL COMO ESTRATÉGIA PARA O ABASTECIMENTO PÚBLICO EM ZONAS PERIURBANAS

João Claudio Petri Junior (petri\_junior@hotmail.com); Igor Corona Pedrone  
(igorcoronapedrone@hotmail.com); Abrahão Elesbon (abrahaoelesbon@gmail.com)

Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Colatina (IFES-Colatina)

**Palavras chave:** franja urbana, sub-bacia, abastecimento público, espaços livres, parque urbano.

*A expansão das cidades quando negligenciadas podem gerar degradação ambiental, problemas com o abastecimento público de água, o distanciamento da população com regiões naturais e a falta de espaços livres de uso público. Por sua vez, as sub-bacias localizadas na franja urbana são opções para o abastecimento alternativo, além de criar espaços públicos que aumentam o contato da população com a natureza. Este específico conhecimento é um passo importante para o desenvolvimento de propostas de intervenções para a bacia hidrográfica do córrego São Vicente, propondo um novo sistema de abastecimento de água e gerando espaços livres para a população de Colatina/ES, Brasil. Uma análise quantitativa foi realizada para descobrir a vazão superficial da região delimitada e o consumo de água da população determinada para este estudo. Em seguida, foram estabelecidas propostas de melhorias nos pontos considerados degradados e de criação de espaços livres para a preservação, valorização, aprimoramento das condições do microclima urbano, da saúde e abastecimento público. A vazão encontrada não foi capaz de abastecer o consumo da população estimada em alguns meses sendo necessária a criação de reservatórios para suprir essa demanda. A partir dessa análise foram feitas diretrizes para solucionar os problemas da bacia e propostas de intervenções urbanísticas a fim de criar espaços livres com a finalidade de integrar as pessoas e abastecer a população. Por fim, a análise mostra que é possível abastecer uma determinada população a partir de um sistema alternativo de captação de água e as propostas e diretrizes apresentadas se sustentam para recuperar áreas degradadas e criar espaços livres de uso público.*

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades tem levado ao espraiamento urbano das regiões periurbanas. Essa expansão, quando negligenciada ou não ordenada, pode ocupar áreas que são ou deveriam ser de preservação ambiental, conforme a lei federal número 12.651 (BRASIL, 2012). Coelho (2001) afirma que a problemática ambiental está vinculada à dinâmica de produção do espaço, ao planejamento da paisagem e do território. O modelo aplicado nas cidades, normalmente, distancia a população de ambientes que sejam naturais.

Segundo Gorski (2010), a bacia hidrográfica é um território natural que permite o escoamento das águas superficiais dirigindo-as para uma rede de drenagem natural, constituída de um curso d'água principal e seus afluentes. A sub-bacia do córrego São Vicente está localizada numa região periurbana da cidade de Colatina/ES, Brasil e é alvo de estudo dessa pesquisa. A sub-bacia foi escolhida por apresentar sua jusante canalizada e urbanizada, sua montante ainda sem construção e uma franja urbana que avança a cada dia.

Neste trabalho, a partir do uso de técnicas consagradas de engenharia hidrológica, pretende-se propor a criação de um sistema alternativo de abastecimento público de água para a área estudada, além de identificar tipologias de degradação e sugerir propostas e



diretrizes de recuperação de franjas periurbanas. Portanto, ao fim do estudo pretende-se criar parâmetros para recuperação de sub-bacias degradadas afim de gerar espaços livres de uso público para a população.

## 2. OBJETIVOS

Propor intervenções urbanísticas para contenção da degradação ambiental da bacia hidrográfica do córrego São Vicente, propondo um sistema alternativo de abastecimento público de água e gerando espaços livres para a população de Colatina/ES, Brasil.

## 3. METODOLOGIA

Para limitar a região a ser trabalhada foi delimitada a sub-bacia do córrego São Vicente, a partir do software ArcGIS 10.3. A área de drenagem encontrada para estudo foi de 2,208 km<sup>2</sup> com inclinações que variaram de 4,17% a 87,12%. A metodologia se dividiu em duas etapas, na primeira foram feitos levantamentos de dados e na segunda foram realizadas análises dos espaços livres próximos à bacia do córrego São Vicente.

### 3.1 – Levantamento de dados

Para descobrir se a produção de água da bacia era capaz de abastecer os bairros vizinhos foi necessário encontrar o coeficiente de escoamento superficial da região delimitada, além disso, foi preciso conhecer a precipitação média mensal da cidade de Colatina para calcular a vazão média mensal e por fim foi determinada a população a ser considerada e seu consumo mensal de água.



Figura 1. Região da bacia do córrego São Vicente utilizada para estudo, GOOGLE 2018.

Segundo Carvalho e Silva (2006), Coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de Runoff é a razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado. Para o cálculo deste coeficiente o terreno foi analisado e dividido por áreas em função do tipo de solo, declividade e cobertura vegetal. Para encontrar um coeficiente de escoamento superficial equivalente para toda a bacia estudada foi utilizada a soma dos produtos entre a metragem quadrada e o coeficiente de cada área dividida pela área total. A partir desse escoamento é possível encontrar a vazão, que de acordo com Carvalho e Silva



(2006) é a grandeza que caracteriza um volume de escoamento por uma unidade de tempo. A vazão média mensal da bacia estudada é produto de três variáveis, precipitação média do mês, área total estudada e coeficiente de escoamento superficial equivalente, o resultado é medido em L/m<sup>3</sup>. Por fim, foi encontrado o consumo da população de quatro bairros e comparado com a vazão para saber se a água produzida na bacia é capaz de abastecer esses moradores. Os bairros São Vicente, São Judas Tadeu, Operário e Bela Vista foram escolhidos para o estudo por serem limítrofes ou estarem inseridos na bacia do córrego São Vicente. Para quantificar o universo da pesquisa foram utilizados dados do censo de 2010 do IBGE, a população para a cidade de Colatina foi 111.788 pessoas em 2010 e uma estimativa de 121.580 pessoas para o ano de 2018, um crescimento de 8,76%. Para maior veracidade da pesquisa, a população medida no censo de 2010 de cada um dos quatro bairros em estudo foi acrescida de 8,76% referente ao crescimento total da população da cidade. Após encontrar os moradores desses bairros e considerando que cada habitante consome 200 litros de água por dia foi possível encontrar o consumo mensal de água dos bairros. Os valores de consumo mensal de água de cada bairro foram subtraídos da vazão média mensal gradualmente bairro a bairro até que se chegasse aos valores de água restantes após o último bairro.

### 3.2 - Análise dos espaços livres

Na segunda etapa foram feitas análises dos espaços livres próximos à bacia do córrego São Vicente com revisão bibliográfica e visitas *in loco*. A partir daí foram identificadas as patologias geradas pela franja urbana, os locais degradados por atividades inadequadas como a agropecuária, as erosões, o curso do córrego, as regiões onde poderiam ser implantados os reservatórios de água e em seguida foram feitos levantamentos de informações sobre as características físicas da bacia para reconhecer as potencialidades e desafios do local. A partir daí foram feitos croquis das propostas apresentadas.

## 4. RESULTADOS

Para facilitar a compreensão dos resultados obtidos segundo os objetivos propostos, optou-se por subdividi-los em duas linhas principais: sistema alternativa de abastecimento público e propostas de intervenções urbanísticas.

### 4.1. Sistema alternativo de abastecimento público

Após dividir a região de estudo em subespaços discriminando-os conforme o tipo de cobertura do solo, sua inclinação e tipo de solo foram encontrados os seguintes resultados: vegetação rasteira com inclinações que variam entre 4,17% e 23,57% e tipo de solo franco apresentou coeficiente 0,4 para as 17 das 18 áreas encontradas e 0,1 em uma área, vegetação alta com inclinações entre 8,47% e 87,12% e tipo de solo franco apresentou coeficiente 0,3 em 21 áreas e 0,25 em duas áreas, edificações não muito densas com inclinação variando de 11,36% a 69,44% e solo franco apresentou coeficiente 0,3 e o restante foi considerada terra cultivada com solo também franco e coeficiente 0,6. O valor encontrado para o coeficiente de escoamento superficial equivalente (Cequi.) da bacia foi de 0,503151. Com a área de estudo e com o coeficiente de escoamento definidos e com os dados de precipitação média da cidade de Colatina, fornecido pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obteve-se a vazão média mensal conforme mostra a tabela 1.

Para estimar o consumo de água dos quatro bairros em estudo foi adotada uma quantia de 200 litros por pessoa por dia, valor utilizado pela Sabesp (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). Os seguintes resultados foram encontrados: o bairro São Vicente contém uma população de 2.776 pessoas e apresentou um consumo de 16.653.331 litros de água por mês, o bairro São Judas Tadeu contém uma população de 767 pessoas e um consumo de 4.600.548 litros de água por mês, o bairro Bela Vista uma população de

4.143 pessoas e um consumo de 24.856.010 litros de água por mês e o bairro Operário uma população de 2.293 pessoas e um consumo de 13.755.965 litros de água por mês.

Tabla 1. Precipitação, vazão e litros restantes após consumo dos quatro bairros estudados

Mês	Precipitação média (mm)	Vazão (L/mês)	São Vicente (litros restantes)	São Judas Tadeu (litros restantes)	Bela Vista (litros restantes)	Operário (litros restantes)
Janeiro	136	151075015,2	134421684	129.821.136	104.965.126	104.506.593
Fevereiro	83	92200193,1	75546861,9	70946313,9	46.090.304	45.631.771
Março	107	118860489,9	102207158,7	97606610,7	72.750.600	72.292.068
Abril	51	56653130,7	39999799,5	35399251,5	10.543.241	10.084.709
Maio	46	51098902,2	34445571	29845023	4.989.013	4.530.480
Junho	26	28881988,2	12228657	7628109	-17.227.901	-17.686.434
Julho	16	17773531,2	1120200	-3480348	-28.336.358	-28.794.891
Agosto	26	28881988,2	12228657	7628109	-17.227.901	-17.686.434
Setembro	35	38879599,5	22226268,3	17625720,3	-7.230.290	-7.688.822
Outubro	85	94421884,5	77768553,3	73168005,3	48.311.995	47.853.463
Novembro	175	194397997,5	177744666,3	173144118,3	148.288.108	147.829.576
Dezembro	206	228834214,2	212180883	207580335	182.724.325	182.265.792

Ao analisar a tabela 1 percebe-se que após subtrair o consumo mensal de água dos bairros das respectivas vazões mensais não foi possível abastecer a população nos meses de Junho a Setembro, apresentando uma quantia faltante de 71.856.580 de litros de água. Para que o objetivo seja alcançado seria necessária a criação de duas lagoas localizadas ao longo do curso do córrego, cada uma com 12.000 metros quadrados de superfície e 3 metros de profundidade, totalizando uma quantia de 72.000.000 litros de água.

#### 4.2. intervenções urbanísticas

Com os resultados alcançados, após a leitura do território, foram estabelecidas propostas de melhorias nos pontos degradados da bacia, detectados com visitas in loco. Foram considerados três pontos de degradação, sendo eles; A- a escassez de nascentes, B- a compactação do solo e C- a erosão.

- A- Devido a falta de cobertura vegetal, o auto grau de compactação do solo e seu uso indevido como área de pastagem, as nascentes foram se degradando e quase desaparecendo pelo processo de assoreamento. A intervenção tem por objetivo tornar a bacia uma reserva legal atribuindo à propriedade rural o uso econômico de seus recursos naturais de forma sustentável.

Proposta: Auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos, promovendo a conservação da biodiversidade bem como o abrigo e a proteção de fauna e flora silvestre de acordo com a lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 do código florestal.

Diretrizes: Primeiro deve-se fazer um diagnóstico para identificar as nascentes existentes. Para isso é preciso ter conhecimento da sua localização e percorrer a área para fazer uma análise topográfica e descobrir a declividade do terreno que influenciará na velocidade de escoamento da água no solo. Em seguida verifica-se a cobertura vegetal analisando sua densidade que também vai determinar a velocidade de escoamento e o impacto da chuva no solo. Por fim é necessário analisar o grau de interferências do local para ter ciência da qualidade da água. Após as análises é necessário que se faça o cercamento do local. Um

dos motivos do cercamento é evitar a presença de animais que podem defecar e urinar na própria nascente, contaminando a água e prejudicando o abastecimento de água de qualidade para as pessoas. Uma solução para este problema é a criação de bebedouros nas extremidades do cercamento. Para a construção da cerca será preciso materiais como estacas, trena, furadeira no caso de cercas com arame liso, arame, pregos e grampos dependendo da cerca escolhida, enxada, enxadão, cavadeira, alavanca, e outros equipamentos essenciais para se construir uma cerca como martelo e equipamentos de proteção. Para construir a cerca será preciso fazer a marcação da distância que vai do afloramento de água até um raio mínimo de 50 metros. Em seguida faz-se a marcação dos mourões e das estacas formando o círculo. A partir daí as nascentes serão ocupadas apenas por vegetação e matéria orgânica facilitando a percolação da água da chuva.

- B- Por se tratar de uma propriedade particular aonde é praticada a agropecuária, a bacia possui características físicas como solo compactado, assoreamento de nascentes e baixa cobertura vegetal. Esses fatores fazem com que desfavoreça a biodiversidade local intensificando a degradação da bacia.

A intervenção tem por objetivo o reflorestamento da bacia que servirá de proteção para a Flora local, para o surgimento da sua fauna original e para a criação de matas ciliares que apresentam um conjunto de funções ecológicas importantes para a qualidade de vida e são fundamentais por influenciarem na qualidade da água, nos índices de regime hídrico, estabilidade das margens dos rios e redução do assoreamento na sua calha.

Proposta: Reflorestar a bacia e abraçar o córrego reintroduzindo assim a água como elemento condutor da paisagem, valorizando sua identidade e protegendo-o.

Diretrizes: Para fazer o plantio das árvores é necessário seguir algumas etapas, sendo elas: 1- adquirir as mudas de espécies nativas, 2- fazer o controle das formigas cortadeiras, 3- marcar as curvas de nível do terreno quando necessário, 4- marcar as covas e assim fazer o plantio. Para a mata ciliar, deve ser feito o plantio de espécies por toda a extensão da calha da bacia podendo ser feita através de sementeira direta ou plantio de mudas. No caso de plantio de mudas, segundo POESTER, et al.,(2012) é recomendado o uso de espécies de diferentes grupos ecológicos plantadas em linhas, visando uma gradual substituição, além de utilizar um espaçamento de 3m x 2m ou menores para se ter uma cobertura do solo mais rápida evitando espécies colonizadoras indesejada.

Para essas intervenções de restauração, é interessante estabelecer programas de educação ambiental para a população para aumentar as chances de sucesso das propostas. Elas podem assim, atuar colaborando com o plantio de árvores e criar normas “verdes” para exigir o desenvolvimento sustentável.

- C- O escoamento da franja urbana direcionado à bacia, o relevo acentuado, a retirada da cobertura vegetal e uma sequência de uso do solo sem respeitar sua capacidade física, torna suscetível o surgimento de erosão propiciando as voçorocas.

A intervenção tem por objetivo reestabelecer a margem como espaço florestado livrando-a de condições de barranco. A proposta é elaborar um controle de erosão na sua cabeceira e criar uma revegetação interna e externa à voçoroca.

Diretrizes: Adotar medidas na parte mais alta do terreno como, por exemplo, fazer curvas de nível, plantar árvores de crescimento rápido, isolar a área de pastoreio de animais, fazer aceiros contra queimadas e terraceamentos. Também é interessante a construção de diques de contenção dentro da erosão, com madeiras, pneus ou outro tipo de material que não gere custos. Esse processo reduz a capacidade e a velocidade nesse curso d'água.

O bambu, por exemplo, é colocado como uma barreira física e junto a ele sacos que servem como filtro. Esse processo deve ser implantado na parte acima da voçoroca e que ele se repita gradativamente ao longo do canal evitando a passagem de sedimentos.

Estes são artifícios para conter o problema no qual toda a água escoada é infiltrada abastecendo o lençol freático e interrompendo o processo de degradação local.

Com todos os parâmetros e metodologias que foram seguidos ao longo do projeto foi possível caracterizar a bacia do córrego São Vicente como um espaço de preservação e grande potencial de se tornar um parque urbano para a geração de espaços livres.

Segundo Simões (2016), Colatina, ao longo de sua formação, não prezou pela criação de espaços livres públicos que se ligassem ao rio Doce mesmo este sendo primordial para a cidade com seus aspectos econômicos, históricos e sociais. Entende-se a partir dessa afirmação que a ligação dos bairros com a bacia do córrego São Vicente é de suma importância, pois um atende as necessidades do outro sem prejudicar o rio Doce e contribuem com a sua preservação, oferecendo atrativos para a cidade como espaços livres de recreação e abastecimento de água.

A elaboração das propostas envolveu a preservação do espaço, o aumento da vitalidade local, a sua valorização, aprimoramento das condições do microclima urbano, da saúde e abastecimento público.

#### **4.2.1 Percurso**



Figura 2. Croqui para a proposta do percurso na bacia do córrego São Vicente, AUTORES.





Figura 3. Croqui para a proposta do percurso na bacia do córrego São Vicente, AUTORES

A figura 2 e a figura 3 mostram a intervenção que tem como objetivo capitalizar a iniciativa de recuperação da diversidade ecológica com atrativos turísticos, introduzir o contato da cidade com a água, a vegetação e a fauna existente e incentivar o uso do parque. Proposta: Criar espaços livres como um caminho com pista de caminhada e ciclovia com sentido paralelo ao córrego, com iluminação, comunicação visual e mobiliário urbano.

#### 4.2.2 Lagoa



Figura 4. Croqui para a proposta da lagoa no córrego São Vicente, AUTORES

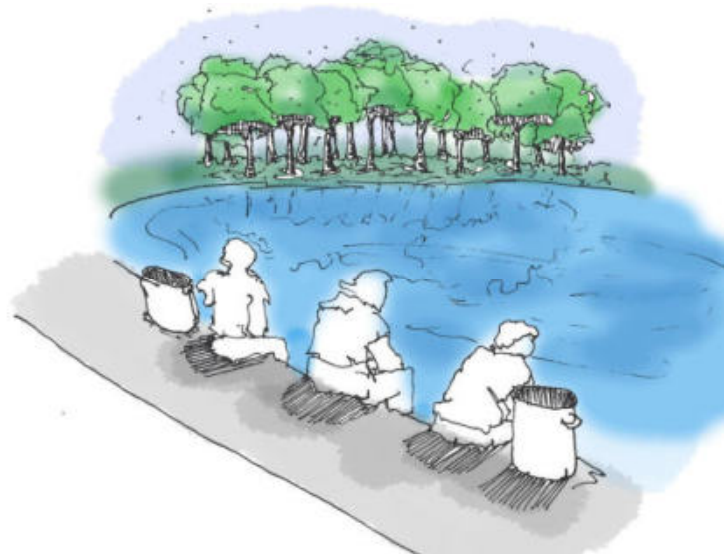


Figura 5. Croqui para a proposta da lagoa no córrego São Vicente, AUTORES

As figuras 4 e 5 mostram a lagoa que será um reservatório de detenção para abastecer bairros vizinhos e terá um caráter multifuncional agregando área de lazer compondo a proposta urbanística com a valorização da presença de água nesse espaço rururbano. A intervenção tem como objetivo aproximar a população ao meio ambiente natural, potencializar a vocação de recreação e lazer, aumentar as atividades recreativas locais, promover o envolvimento da comunidade por meio da conscientização ambiental e articular projetos que possam controlar o abastecimento de bairros vizinhos recuperando as funções ecológicas da bacia do rio Doce.

Proposta: Criar um programa de acompanhamento na bacia do córrego São Vicente junto a um projeto elaborado com um plano oficial. É importante também a elaboração de programas com projetos que envolvam as comunidades através do processo participativo junto a associações dos bairros e que se promova o parque como uma das principais atrações turísticas da cidade de Colatina.



### 4.2.3 Praças



Figura 6 Croqui para a proposta de praças e entretenimento na bacia do córrego São Vicente, AUTORES.



Figura 7. Croqui para a proposta de praças e entretenimento na bacia do córrego São Vicente, AUTORES.

As praças podem ser um ponto integrado à malha urbana ou, ainda, “[...] o lugar intencional do encontro, da permanência, dos acontecimentos, de práticas sociais, de manifestações de vida urbana e comunitária [...]” (LAMAS, 2004).

As figuras 6 e 7 mostram as intervenções que tem por objetivo criar espaços para promover atividades de celebração, tendo o rio e sua vizinhança como palco, um lugar acessível, seguro, saudável e verde, criar equipamentos que estimule o convívio com elementos da natureza como orquidários, mirantes e atividades como tirolesa.

Proposta: Criar três pontos no percurso com distância de 300 metros de raio entre eles. Cada um terá características que variam entre espaço para descanso, apreciação, lazer e comércio com uma lanchonete com pedalinho nas lagoas e tirolesa.

## 5. CONCLUSÃO

Fica claro, portanto, que existe soluções replicáveis para situações que apresentem características parecidas com a estudada. É possível recuperar a degradação ambiental de sub-bacias desde que seja feito um estudo identificando os problemas e um projeto de recuperação para cada patologia. Além disso, é viável a criação de um parque urbano ou outro espaço livre de uso público que incentive o contato da população com áreas naturais.

As sub-bacias, quando recuperadas e com as vazões quantificadas, são capazes de abastecer parte da população da cidade. É interessante que cada sub-bacia possa abastecer bairros próximos ou inseridos em seu território criando um sistema alternativo de captação de água e apenas quando necessário recorram ao rio principal.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. (2006). *Hidrologia*. Disponível em < <https://pt.scribd.com/document/163528276/Apostila-de-Hidrologia> >
- COELHO M. C. N. (2001). "Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa". In: A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (orgs.), *Impactos ambientais urbanos no Brasil (Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001)*.
- GORSKI, M. C. B. (2008). *Rios e cidades: ruptura e reconciliação*. São Paulo: Editora Senac São Paulo
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/colatina/panorama> >. Acesso em: 06 out. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Disponível em < <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st> >. Acesso em: 06 out. 2018.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. 2018. Disponível em < <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos> >.
- LAMAS, J. R. G. (2004). *Morfologia urbana e desenho da cidade*. Porto: Fundação Calouste Gulbenkian.
- POESTER, G. C. et al. (2012). *Práticas para restauração da mata ciliar*. Porto Alegre: Editora Porto Alegre
- SIMÕES, R. M. (2016). *A construção de um sistema de espaços livres para Colatina-ES*. Dissertação de mestrado (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Vitória, Brasil.

# PROPOSTA DE CRITÉRIOS E INDICADORES DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE URBANA PARA PAÍSES LATINO-AMERICANOS

*Karla Moreira Conde (karla.conde@ufes.br); Cristina Engel de Alvarez (cristina.engel@ufes.br); Luis Bragança (braganca@civil.uminho.pt)*

Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil, Laboratório de Planejamento e Projetos (UFES-LPP) - Brazil

Universidade do Minho (UMINHO) - Portugal

**Palavras chave:** sustentabilidade urbana, indicadores de avaliação, países latino-americanos.

*Os países latino-americanos representam uma das regiões mais urbanizadas do mundo, onde tensões sociais e condições críticas de habitabilidade a distingue de outras localidades. Uma adequada ferramenta de avaliação de sustentabilidade urbana pode ser tanto um instrumento de mensuração como, também, de apoio nas decisões de planejamento relacionadas ao desenvolvimento econômico, social e ambiental de uma comunidade urbana. Entretanto, os instrumentos de avaliação de sustentabilidade urbana, muitas vezes, não são direcionados para a condição de uma cidade já consolidada, bem como propõem métodos globais que não consideram a realidade regional, e que tendem ao fracasso quando aplicados sem a necessária adaptação às prioridades na escala local. Assim, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver critérios e indicadores de avaliação de sustentabilidade direcionados especificamente para a realidade latino-americana. A metodologia adotada envolveu estudos sistemáticos desenvolvidos por uma equipe multidisciplinar oriunda de oito países ibero-americanos pertencentes às Redes URBENERE e CIREs, vinculadas ao CYTED. Iniciou-se a seleção de indicadores a partir da análise de seis ferramentas para avaliação da sustentabilidade urbana de reconhecido valor científico e avaliou-se a aplicabilidade de cada indicador ao contexto da América Latina. A partir de critérios previamente estabelecidos, foram propostas as seguintes categorias obrigatórias de análise: forma urbana, ecossistema, energia, água, materiais e resíduos, conforto exterior, segurança, amenidades, mobilidade, identidade local e cultural, desenvolvimento econômico e gestão pública, totalizando 60 indicadores obrigatórios. Além destes, foram propostos 60 indicadores adicionais urbanos e 06 indicadores adicionais relacionados às edificações. Destaca-se que as categorias e respectivos indicadores podem funcionar não somente na avaliação de sustentabilidade de parcelas urbanas consolidadas, mas também - e principalmente - enquanto conceitos a serem adotados nas políticas de expansão ou revitalização de comunidades urbanas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme amplamente conhecido nos estudos relacionados à sustentabilidade do ambiente construído, de acordo com levantamentos realizados pelas Nações Unidas, em 2014 mais de 50% da população mundial já vivia em centros urbanos, estimando-se um aumento deste valor para cerca de 70% nos próximos 40 anos (United Nations, 2014). A América Latina é uma das regiões mais urbanizadas do mundo, com cerca de 80% da população vivendo nas cidades, com previsão de que alcançará 90% em 2050 (ONU-Habitat, 2012). As cidades contemporâneas têm evoluído não apenas em função do desenvolvimento econômico e do aumento populacional, mas também como produto da organização espacial dos locais onde se inserem, refletindo as desigualdades sociais e econômicas, e causando graves impactos

no meio ambiente, sendo as principais responsáveis pelo consumo de recursos naturais e terrenos, e contribuindo em cerca de 70% das emissões globais de poluentes (U.S. *Global Change Research Program*, 2016).

É indiscutível que o processo de desenvolvimento da sociedade contemporânea foi construído alicerçado em conceitos insustentáveis, pelo qual se observa uma evidente demanda na busca de soluções que atenuem os problemas já verificados. É também amplamente reconhecido que os principais centros de desequilíbrio ambiental estão nos espaços urbanos e em suas edificações, onde se concentram também os maiores provedores de facilidades e conforto humano (Bragança *et al.*, 2017).

Para que seja possível orientar o planejamento urbano rumo à sustentabilidade, é necessário investir em metodologias de avaliação dos principais componentes urbanos, onde critérios e indicadores de sustentabilidade urbana podem representar importante mecanismo para mapear cenários, avaliar a evolução de resultados ao longo do tempo, assim como podem ser úteis para nortear ações preventivas e de indução da sustentabilidade. Dessa forma, os critérios de avaliação e respectivos indicadores são importantes instrumentos não somente para mensurar o *status quo* de uma parcela territorial, mas também, como um direcionador para a estruturação de investimentos públicos. Ressalta-se ainda o potencial uso de tais instrumentos para orientar uma gestão participativa, quando utilizados como um meio demonstrativo para a população de quais são os problemas a serem enfrentados e que medidas poderão contribuir para melhorar a sustentabilidade e, conseqüente, qualidade de vida da comunidade (Leite; Awad, 2012; Ahvenniemi *et al.*, 2017).

As metodologias para avaliação de sustentabilidade urbana e de edificações, com raras exceções, adotam em seus processos o uso de critérios e indicadores, avaliados individualmente e agrupados em categorias maiores, e que permitem identificar o nível de sustentabilidade de áreas urbanas através de métodos de cálculo próprios.

Observa-se que até mesmo na hierarquização dos níveis, não há uma uniformidade entre as metodologias de avaliação de sustentabilidade, sendo ora adotado *Issues*, *Categories* e *Parameters*, ora Dimensões, Categorias e Indicadores. Verifica-se, eventualmente, o acréscimo de um quarto nível hierárquico, como quando se adotam os níveis Categorias, Critérios, Indicadores e Marcas de Referência, como é o caso deste trabalho. Assim, entende-se por Categoria como o conjunto de critérios utilizados para avaliar um determinado assunto, tema ou objeto; por Critério, como o princípio, regra ou norma de desempenho de uma determinada questão para avaliar a realização de um objetivo, mensurável através de indicadores; por Indicador como sendo a informação sintética acerca do desempenho em uma determinada questão, obtida através de um método de avaliação objetivo, seja ele quantitativo ou qualitativo; e por Marca de Referência ou *Benchmark* como sendo o estabelecimento de parâmetros para avaliar o desempenho dentro de um processo de busca das melhores práticas.

Considerando que embora os esquemas gerais sejam semelhantes, mas que a forma de obtenção dos critérios e indicadores segue formulações próprias, não existe um consenso entre os especialistas e estudiosos da área, sobre o quantitativo necessário de indicadores nem dos aspectos fundamentais a serem abordados. Conforme Barbosa *et al.* (2014) e Bragança *et al.* (2016), a maioria das ferramentas existentes apresentam listas muito extensas, resultando por vezes em redundâncias e, em alguns casos, incongruências nas avaliações dos diferentes parâmetros. A variabilidade local também é um aspecto que torna as medidas de avaliação do ambiente construído particularmente difíceis de padronizar (Lynch; Mosbah, 2017).

São reconhecidos alguns desafios práticos em torno do uso de indicadores, tais como a baixa disponibilidade de dados padronizados, conhecidos e comparáveis; a falta de instituições referenciais de coleta de dados na escala da cidade; e a aceitação e aplicação do objetivo por diversos atores em diferentes locais e contextos urbanos (Klopp; Petretta, 2017). Especialmente para a realidade latino-americana, a produção de dados confiáveis é um aspecto que não pode ser ignorado e, tampouco, ser utilizado como argumento para a não realização de procedimentos de avaliação (Bragança *et al.*, 2017).

A conformação urbana da América Latina guarda especificidades que não podem ser tratadas com os mesmos parâmetros de outras regiões do globo densamente urbanizadas. Embora a população que reside em cidades nos países da América Latina (79,4%), América do Norte (82,1%) e Europa do Norte (84,4%) seja relativamente semelhante em valores percentuais, a população em números absolutos e o Produto Interno Bruto *per capita* de países que integram essas regiões apontam para realidades sociais distintas, como apresentado por Bragança *et al.* (2017).

O Relatório da ONU-Habitat para cidades da América Latina e Caribe coloca que o problema da moradia persiste como um dos maiores desafios para a região, sendo que em 2010 cerca de 24% da população viviam em moradias precárias, tais como favelas. O relatório destaca que apesar dos avanços dos serviços públicos, não existem dados precisos sobre a qualidade dos serviços. No referido documento, a ONU também acrescenta que o baixo desenvolvimento humano e econômico, e as grandes disparidades de renda colaboram para que, em seu conjunto, América Latina e Caribe formem a região com a maior taxa de homicídios do mundo, muito acima da média global, o que reflete também em tensões sociais no ambiente urbano (ONU-Habitat, 2012; CEPAL, 2018). Embora não tenham sido publicados dados atualizados específicos à América Latina, acredita-se que a realidade apresentada nos relatórios mantenha-se igual ou, considerando as graves crises locais e mundial, tenha piorado. Atualmente, o número absoluto de moradores urbanos que vivem em favelas continua a crescer, em parte devido à aceleração da urbanização, ao crescimento da população e à falta de políticas adequadas de terras e habitação (United Nations, 2015).

Dentre as principais e atuais discussões relacionadas à temática da sustentabilidade urbana, destaca-se o documento “*New Urban Agenda*” (United Nations, 2017), estabelecido a partir dos resultados das discussões no Habitat III ou Conferência Internacional das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável. O objetivo principal da conferência é apoiar gestores de cidades na tomada de decisões que permitam o enfrentamento de questões como crescimento populacional, expansão urbana, pobreza, desigualdade, poluição do ar, trânsito, biodiversidade urbana, mobilidade urbana e energia (Salat *et al.*, 2017). Ainda conforme os mesmos autores, a expansão urbana bem planejada, o financiamento municipal eficiente e um quadro legal adequado são os princípios fundamentais da estratégia tripartite do UN-Habitat.

É importante destacar que, conforme defendido por Berardi (2013) e amplamente endossado por outros autores, como Ahvenniemi *et al.* (2017), Lynch e Mosbah (2017), embora o conceito fundamental de sustentabilidade amplamente difundido seja alicerçado no tripé ambiental, social e econômico, as ferramentas de avaliação existentes geralmente têm um forte enfoque ambiental. Um exemplo citado por Berardi (2013) são as ferramentas BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*) e LEED ND (*Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development*) que atribuem peso muito baixo para medidas econômicas e sociais diretas, sendo cerca de 3% para negócios e economia e 5% para o bem-estar. Lynch e Mosbah (2017) alertam sobre as



questões relacionadas à equidade, abordadas como aspectos de menor relevância nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade urbana.

O reconhecimento das deficiências dos atuais sistemas genéricos de avaliação de sustentabilidade urbana, principalmente no que se referem aos países cuja fragilidade política e social é elemento de fundamental interferência na busca de soluções para as comunidades urbanas, tem gerado estudos específicos recentes, como por exemplo, o de Dawodu *et al.* (2017), que propõe um modelo para países da África Subsaariana.

Considerando as particularidades e diversidades dos contextos urbanos, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver critérios e indicadores de avaliação de sustentabilidade voltados para comunidades urbanas dos países latino-americanos visando tanto o estabelecimento de um diagnóstico como enquanto instrumento direcionador para o crescimento sustentável das cidades. Para efeito de delineamento dos estudos, partiu-se do pressuposto que esse crescimento pode ocorrer através do planejamento urbano de novas áreas de expansão; pelo adensamento das existentes; ou com a requalificação de zonas degradadas.

## 2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia adotada envolveu inicialmente os resultados oriundos dos estudos sistemáticos desenvolvidos por pesquisadores de oito países ibero-americanos das Redes URBENERE (Comunidades Urbanas Energeticamente Eficientes) e CIRES (Comunidades Inclusivas, Resilientes, Eficientes e Sustentáveis), ambas apoiadas pelo CYTED (*Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo*). As principais temáticas e procedimentos a serem adotados foram discutidos em reuniões presenciais, sendo as ações posteriormente concentradas em uma equipe multidisciplinar menor, com especial envolvimento do Brasil e de Portugal.

Inicialmente, foram elencadas as principais metodologias de avaliação de sustentabilidade urbana com algum reconhecimento acadêmico ou institucional, sendo selecionadas 6 (seis) ferramentas, cuja sequência de ações segue apresentada na Figura 1. As ferramentas selecionadas foram: SBETool – *Sustainable Built Environment*, SBTool PT PU – *Sustainable Building Tool - Metodologia para Planejamento Urbano, Portugal* (SBTool PT – STPU, 2014), Rede URBENERE, ISO 37120:2014 – *Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life* (ISO, 2014), LEED ND v4 (LEED, d), e BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID, 2013).

Selecionadas as ferramentas, verificou-se a adequação das mesmas ao objetivo desta pesquisa, no que se refere à finalidade de avaliação do espaço urbano e à escala de abrangência. Confirmada a aderência entre os propósitos das ferramentas de avaliação e os objetivos previamente definidos, foram listados os indicadores e como esses estão organizados nas respectivas ferramentas, ou seja, se são distribuídos por dimensões, categorias ou subcategorias. Destaca-se que, embora os métodos de avaliação propostos pelas ferramentas obedeçam a níveis hierárquicos diferenciados, o nível de informação fornecido pelos indicadores é o mais representativo. Assim, os procedimentos seguintes foram orientados no sentido de buscar indicadores que fossem adequados, mensuráveis e factíveis em relação à realidade latino-americana, observando-se ainda que os principais aspectos a serem contemplados foram debatidos em reuniões específicas com membro das Redes Urbanere e Cires.

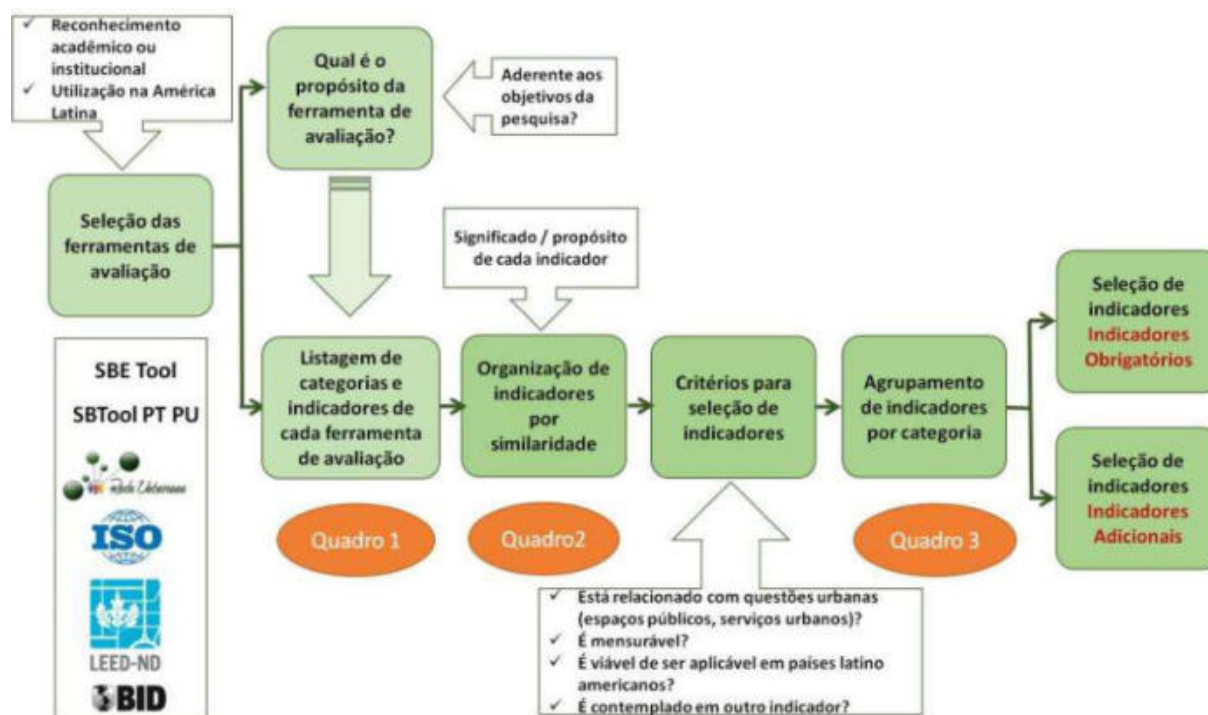


Figura 1. Síntese das etapas metodológicas para proposição de critérios e indicadores de sustentabilidade urbana para países latino-americanos (Bragança et al., 2017).

Foi procedido o agrupamento dos indicadores em uma tabela única, gerando o Quadro 1. Em sequência, os indicadores das ferramentas selecionadas foram organizados por similaridade, resultando em uma diversificada e extensa lista de indicadores, organizada no Quadro 2. O passo seguinte foi estabelecer parâmetros para seleção dos indicadores que permaneceriam no processo, que foram: (a) estar relacionado ao planejamento urbano; (b) ser viável de aplicação no contexto dos países latino-americanos; (c) ser possível de medir ou avaliar qualitativamente; (d) não estar contemplado em outro indicador. O resultado foi organizado no Quadro 3. Diante dos diferentes níveis de abrangência das ferramentas analisadas – de escala e do objeto de análise –, e do objetivo deste trabalho – propor critérios e indicadores voltados para a realidade diversificada de países latino-americanos – foram elencados os denominados Indicadores Obrigatórios e Indicadores Adicionais.

Os indicadores foram então agrupados por temas afins em categorias, utilizando para estas, as nomenclaturas apresentadas de maneira mais recorrente pelas ferramentas analisadas. Após a primeira seleção, foi identificado qual critério era avaliado por cada indicador, e assim, foram elencadas categorias, seus critérios e respectivos indicadores. Por meio deste método, buscou-se evitar duplicidades e redundâncias nas avaliações, assegurar a abrangência de avaliação das categorias e avaliar se os aspectos conceituais inerentes à realidade latino-americana estavam sendo atendidos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Num primeiro momento, observou-se que as ferramentas selecionadas apresentam diferentes níveis de abrangência, tanto de escala urbana, quanto do objeto de análise. As ferramentas SBETool, SBTool PT PU, Rede URBENERE e LEED ND abrangem a escala urbana do bairro e incluem alguns indicadores relacionados ao edifício. Já a ISO 37120:2014 e a ferramenta do BID abordam a escala urbana da cidade e são bastante amplas em suas abrangências quanto ao planejamento urbano, incluindo indicadores relacionados à categorias como educação, finanças públicas e saúde, por exemplo. Embora já tivesse sido identificada a dificuldade de efetivo uso de ferramentas muito abrangentes, como a ISO e a do BID, optou-se por mantê-las na análise de indicadores, por considerar,

além do valor institucional e credibilidade global de ambas, o grande potencial apresentado na argumentação conceitual e no detalhamento dos procedimentos de avaliação.

As ferramentas de avaliação selecionadas apresentam grande variação no número de categorias e de indicadores, como demonstra a Tabela 1. Também se verifica que são variados os aspectos avaliados e os parâmetros a serem considerados. O somatório de indicadores das ferramentas avaliadas resultou num total de 495, além de 39 indicadores de perfil apresentados pela ISO, que fornecem estatísticas básicas e informações do contexto para auxiliar a identificação de quais cidades são interessantes para comparações aos pares.

Tabela 1. Ferramentas de Avaliação de Sustentabilidade Urbana – Quantitativo de Indicadores

	SBETool	SBTool PT	URBENERE	ISO	LEED ND	BID
Categorias	4	14	5	17	3	23
Sub Categorias	19	---	---	---	---	57
Indicadores	132	41	57	100	48	117
Indicadores de Perfil	---	---	---	39	---	---

Conforme defendido por Mateus e Bragança (2011), os objetivos de se criar indicadores dizem respeito à simplificação, quantificação e comunicação da avaliação de determinado parâmetro, aspecto ou requisito. Um indicador bem definido é capaz de traduzir uma ideia complexa, possivelmente originária de fontes numéricas, de forma simples e prática. Assim, a etapa de organização dos indicadores por similaridade teve como objetivo simplificar e reduzir o extenso número de indicadores, correlacionando aqueles que, apesar de terem denominações diferentes, possuem significados similares.

Conforme mencionado anteriormente, para a organização dos indicadores por similaridade, foi elaborado um quadro onde foram inseridos os 495 indicadores. O Quadro 2 comparativo é descrito a seguir e exemplificado na Figura 2. Os indicadores de cada ferramenta de avaliação foram distribuídos por colunas. Na coluna à esquerda, foram inseridas as categorias, buscando uma classificação preliminar por grupos de indicadores de assuntos afins. Os indicadores identificados por similaridade foram posicionados na mesma linha, conforme apresenta a Figura 2, sendo que um indicador de uma ferramenta pode abranger dois ou mais indicadores de outra ferramenta, gerando células divididas ou agrupadas.

Durante a elaboração do quadro comparativo, observou-se que, por vezes, as denominações dos indicadores não comunicavam com clareza o seu significado, sendo feita uma investigação para evitar equívocos nas comparações. Algumas ferramentas apresentam indicadores bastante abrangentes, tanto porque consideram muitos aspectos – como o SBTool PT PU, por exemplo –, quanto com indicadores muito específicos, como o SBETool. Após os indicadores serem organizados por similaridade, a listagem com 495 indicadores de sustentabilidade urbana foi reduzida para 285.

No processo de seleção, verificou-se que alguns indicadores poderiam ser inseridos na ferramenta como marca de referência, como por exemplo, na ISO o indicador “Porcentagem de resíduos urbanos perigosos que são reciclados” pode ser uma marca de referência relacionada à “Porcentagem de resíduos sólidos da área local por tipo de destinação”. Assim, a quantidade de indicadores foi reduzida, e o conceito a ser avaliado foi incorporado no processo de análise, sem perda de qualidade no processo.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE URBANA						
CATEGORIAS	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO					
	IIIBE	SBTOOL PORTUGAL	URBENERE	ISO 37120	LEED ND v4	BID
FORMA URBANA	-----	Planejamento solar passivo	Análise de insolação e sombra	-----	Orientação solar	-----
	Impacto na incidência de luz solar ou no potencial de energia solar de edifícios contíguos		Radiação solar		Sistemas urbanos de aquecimento e resfriamento	
	Conectividade da rede de ruas	Rede urbana	-----	-----	Rede de vias	-----

Figura 2. Extrato de parte do Quadro 1 com os indicadores organizados de acordo com as categorias. Da mesma maneira, considerando a diversidade de realidades urbanas na América Latina, os parâmetros para a classificação dos Indicadores como Obrigatórios ou Adicionais foram os seguintes:

- **Indicador Obrigatório:** relacionado ao planejamento urbano, viável de aplicação em países da América Latina, possível de medir ou avaliar qualitativamente, e relacionado a problemas globais;
- **Indicador Adicional Urbano:** relacionado ao planejamento urbano, viável de aplicação em países da América Latina /difícil medição, mas de impacto importante ao ambiente urbano;
- **Indicador Adicional Urbano:** não estar diretamente relacionado a planejamento urbano, viável de aplicação em países da América Latina /possível de medir ou avaliar qualitativamente;
- **Indicador Adicional Edifícios:** não estar relacionado ao planejamento urbano, relacionado ao edifício, viável de aplicação em países da América Latina ou possível de medir ou avaliar.

A seleção de indicadores foi elaborada com o auxílio de um quadro similar ao apresentado anteriormente em termos de organização de colunas e linhas e posicionamento dos indicadores – Quadro 2. No então denominado Quadro 3, foi desenvolvida a etapa seguinte de agrupamento dos indicadores de temas afins em categorias (Figura 3).

Foi utilizada como estratégia inicial, não excluir previamente nenhum indicador das 6 ferramentas, considerando a posterior etapa de agrupamento ou possível transformação de um indicador em marca de referência. A exceção de exclusão foi na ocorrência do entendimento da definição do indicador como um dado. Como Tanguay *et al.* (2010) apresentam, é essencial esclarecer a diferença entre um dado e um indicador. Um dado torna-se um indicador somente quando seu papel na avaliação de um fenômeno foi estabelecido. Isso significa que mudanças dos dados, ou variáveis, são definidas como negativas ou positivas, ou seja, na análise, alguns indicadores foram excluídos por serem interpretados como dados e não como indicador, como por exemplo: “número remanescente de anos de saldo hídrico positivo”.

Com a seleção dos indicadores, estes foram agrupados por temas afins e, assim, definidas as categorias. Para estas foram utilizadas as nomenclaturas apresentadas de maneira mais recorrente pelas ferramentas analisadas.

Após a realização da seleção dos indicadores, foram retomados os aspectos conceituais inerentes à realidade latino-americana e verificado se os assuntos de maior pertinência, principalmente em relação à vertente social e à abordagem específica da Nova Agenda Urbana (United Nations, 2017), estavam sendo atendidos.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE URBANA						
CATEGORIAS	FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO					
	SBETOOL	SBTOOL PT	URBENERE	ISO	LEED ND	BID
ÁGUA	---	OK Consumo de água potável (no espaço público)	OK Consumo de água potável no espaço público	---	---	---
	---		OK Consumo de água potável por uso final no espaço público	---	---	---
	OK Reutilização de águas pluviais na área local	---	---	---	OK Gestão de águas pluviais	---
	OK Efluentes líquidos das operações de edifícios que são enviados para fora da área	---	---	---	---	---
	X Alterações térmicas anuais cumulativas para água de lagos ou aquíferos sub-superficiais	---	---	---	---	---
	---	X Gestão centralizada da água	---	---	---	---
---	OK Disponibilidade de	---	---	---	---	

- OK Viável de aplicação/medição em países latino-americanos
- X Não viável de aplicação/medição em países latino-americanos
- Relacionado ao planejamento urbano
- Não relacionado ao planejamento urbano
- Indicador Obrigatório
- Indicador Adicional Urbano
- Indicador Adicional Edifício

Figura 3. Extrato de parte do Quadro 3 com a organização, seleção e categorização dos indicadores. Como resultado do processo metodológico adotado, obtiveram-se 12 Categorias e 60 Indicadores Obrigatórios, podendo ser estendida para 60 Indicadores Adicionais Urbanos e 06 Indicadores Adicionais relacionado às edificações (Tabela 2).

Tabela 2. Critérios e Indicadores de sustentabilidade urbana propostos.

Categoria	Critério	Indicador	
Forma Urbana	Potencial de aproveitamento da radiação solar	1.1 Porcentagem de sombras geradas por edifícios ou outros objetos no espaço público	
	Potencial de ventilação urbana	1.2 Velocidade média de ventos dominantes no espaço público	
	Permeabilidade do tecido urbano	1.3 Índice de conectividade da rede de ruas	
	Densidade populacional	1.4 Número de habitantes por km <sup>2</sup>	
	Compacidade urbana	1.5 Equivalente ao volume construído (m <sup>3</sup> ) na área local	
	Homogeneidade do tecido urbano	1.6 Índice de homogeneidade do tecido urbano	
Ecossistema	Presença de zonas verdes e áreas verdes de recreação	2.1 Porcentagem da área de espaços verdes em relação à área local	
	Presença de zonas verdes e áreas verdes de recreação	2.2 Disponibilidade de zonas verdes e áreas verdes de recreação	
		2.3 Porcentagem de ruas (vias) arborizadas e sombreadas em relação ao total de vias	
		2.4 Porcentagem de espaços verdes conectados em relação à área local	
		2.5 Porcentagem de vegetação nativa, bem como espécies exóticas adaptadas em relação ao número total de indivíduos	
	Conservação de características naturais da área		2.6 Porcentagem da área local em conformidade com a regulamentação de gestão territorial local quanto ao uso e ocupação do solo
			2.7 Número de efeitos negativos sobre a estabilidade do solo ou erosão devido a atividades de construção e ocupação urbana
Ocupação de terras contaminadas		2.8 Porcentagem de área de solo contaminado não ocupado /de baixo valor ecológico em relação à área local	



Categoria	Cr�terio	Indicador
Energia	Eficiência energética no espaço público	3.1 Porcentagem de potência consumida por equipamentos eficientes em espaços públicos em relação � potência total consumida
	Consumo de energia elétrica	3.2 Consumo total de energia elétrica per capita
		3.3 Consumo de energia elétrica por uso de solo urbano
		3.4 Porcentagem da energia total proveniente de fontes renováveis, como parte do consumo total de energia da área local
Qualidade no fornecimento de energia	3.5 Interrupções de energia elétrica por consumidor por ano	
�gua	Consumo de água potável	4.1 Consumo de água potável per capita
	Qualidade do sistema de abastecimento de �gua	4.2 Valor médio anual de horas de interrupção do abastecimento de água por domicílio
		4.3 Porcentagem de perdas de �gua
		4.4 Relação do consumo energético para o tratamento de purificação da �gua
		4.5 Porcentagem da demanda de água potável para edifícios na área local em relação à capacidade do abastecimento público
	Gestão de águas pluviais	4.6 Porcentagem anual de recolhimento e/ou aproveitamento de água de chuva
	águas residuais	4.7 Porcentagem de águas residuais tratadas conforme as normas nacionais
Materiais e resíduos	Impacto dos materiais	5.1 �ndice de manutenção em obras no espaço público
	Geração de resíduos sólidos	5.2 Quantitativo de resíduos sólidos coletado da área local per capita
	Destinação de resíduos sólidos	5.3 Porcentagem de resíduos sólidos da área local por tipo de destinação
Conforto exterior	Conforto térmico	6.1 Porcentagem de superfícies permeáveis como estratégia de redução de ilhas de calor
	Poluição acústica	6.2 �ndice de redução de poluição sonora
	Poluição luminosa	6.3 �ndice de redução da poluição luminosa
	Poluição visual	6.4 �ndice de redução da poluição visual
	Qualidade do ar	6.5 Concentração de material particulado
		6.6 Emiss�es de GEE per capita
Segurança	Riscos naturais	7.1 índice de riscos naturais
	Riscos tecnológicos	7.2 índice de riscos tecnológicos
	Segurança nas ruas	7.3 índice de segurança nas ruas
Amenidades	Diversidade de usos	8.1 índice de proximidade a serviços
		8.2 índice de proximidade a equipamentos de lazer
	Produção de alimentos em pequena escala para pop. Local	8.3 Percentual de residentes beneficiados pela produção local de alimentos.
Mobilidade	Acessibilidade pedestre	9.1 Abrang�ncia, conectividade e estado de calçadas e ruas para pedestres
	Rede e infraestrutura ciclovi�ria	9.2 Abrang�ncia, conectividade e estado da rede ciclovi�ria
	Transportes públicos	9.3 índice de acessibilidade e uso do transporte público
	Veículos motorizados privados	9.4 Número de veículos motorizados privados per capita
	Segurança no tr�nsito	9.5 Medidas de segurança e sinalização para pedestres, ciclistas e motoristas
		9.6 Vítimas mortais de acidentes de tr�nsito por 1.000 habitantes

Categoria	Cr�terio	Indicador	
Identidade local e cultural	Preserva�o do patrim�nio histórico	10.1 Preserva�o de patrim�nio histórico e sua adapta�o ao uso	
	Preserva�o da paisagem urbana	10.2 �ndice de compatibilidade de novos projetos de edifícios com paisagem urbana existente – natural e construída	
	Preserva�o da cultura local	10.3 �ndice de preserva�o da cultura local pelo uso de materiais e técnicas construtivas tradicionais	
Desenvolvimento econ�mico	Valores da terra e áreas adjacentes	11.1 Porcentagem da altera�o agregada ao valor da terra das propriedades imediatamente adjacentes a área urbana	
	Comunidade de renda diversificada	11.2 Porcentagem de unidades de habita�o social em rela�o ao número total de unidades habitacionais na área local	
	Condi�es de habitabilidade		11.3 Porcentagem de famílias com liga�es domiciliares a rede de água da cidade
			11.4 Porcentagem de habitantes da área local com fornecimento regular de energia elétrica
			11.5 Porcentagem da popula�o com coleta regular de resíduos sólidos municipais
			11.6 Porcentagem da popula�o da área local com acesso a saneamento básico
			11.7 Porcentagem de moradias localizadas em assentamentos informais
			11.8 Porcentagem do déficit de moradias
Gestão pública	Gestão pública com participa�o dos cidadãos	12.1 Processo de planejamento municipal	
		12.2 Processo de orçamento municipal	

### Aplicabilidade de indicadores em comunidades urbanas

Como observado por Ahvenniemi *et al.* (2017), as ferramentas de avalia o de sustentabilidade urbana cont m uma grande quantidade de indicadores que medem a sustentabilidade ambiental e carecem de indicadores que destacam os aspectos sociais e econ micos. Como o procedimento metodológico adotado está alicerçado nas ferramentas existentes, observa-se que os resultados também refletiram essa tendência, demonstrando a necessidade de cria o de um sistema de pondera o – pesos – que equilibre essa rela o. Assim,   possível estabelecer quanto um determinado indicador contribuirá no resultado final em rela o a outro (Tanguay *et al.*, 2010). Ou seja, os pesos refletem a importância relativa dada a cada indicador (Bahadure; Kotharkar, 2018). Há ainda a possibilidade de destacar aspectos específicos, de acordo com a realidade do lugar. Assim, através de pesos aplicados a determinados indicadores ou categorias,   possível orientar a governança local, enfatizando os aspectos que são considerados mais críticos e, portanto, precisam de maior aten o. Isso possibilita considerar os contextos locais, pois os pesos variarão dependendo das necessidades das comunidades envolvidas, além de permitir altera es de atribui o de peso ao longo do tempo em rela o a possíveis mudanças (Dall'O' *et al.* 2017).

De acordo com Lützkendorf e Balouktsi (2016), são múltiplos os possíveis caminhos rumo   sustentabilidade urbana, especialmente considerando que cada contexto apresenta diferenciadas situa es. Em síntese, o que se propõe   um conjunto de indicadores fundamentais ou obrigatórios, mas que seja suficientemente flexível para permitir que indicadores "contextuais" sejam includos como adicionais, nas diversas realidades urbanas latino-americanas.

## 4. CONCLUSÕES

O crescimento populacional das cidades, aliado aos novos padrões de consumo e estilos de vida, agrava as preocupa es relativas ao desenvolvimento sustentável. Há uma crescente demanda por serviços públicos, matérias-primas, produtos, moradias, transportes e

empregos; que deve ser atendida com justiça social, equidade, saúde e bem-estar, e preservando os recursos naturais para as futuras gerações.

O cenário é desafiador, e a gestão do território através de indicadores de sustentabilidade urbana podem se tornar importantes mecanismos para o planejamento do desenvolvimento sustentável.

Com base em indicadores de ferramentas de reconhecido valor científico e/ou institucional, os resultados alcançados/em desenvolvimento possibilitam estabelecer um conjunto de indicadores obrigatórios, mas suficientemente flexível para permitir que indicadores adicionais sejam incluídos nas diversas realidades urbanas latino-americanas.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahvenniemi, H.; Huovil, A.; Pinto-Seppä, I.; Airaksinen, M. (2017). *What are the differences between sustainable and smart cities?* *Cities* 60: pp. 234–245.
- Bahadure, S.; Kotharkar, R. (2018). *Framework for measuring sustainability of neighbourhoods in Nagpur, India.* *Building and Environment* 127, pp. 86–97.
- Barbosa, J. A.; Bragança, L.; Mateus, R. (2014). *New approach addressing sustainability in urban areas using sustainable city models.* *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development* 5 (4): pp. 297-305.
- Berardi, U. (2013). *Sustainability assessment of urban communities through rating systems.* *Environment, Development and Sustainability* 15: pp.1573-1591.
- BID (2013). *Anexo 2. Indicadores da Iniciativa Cidades Emergentes e Sustentáveis. Guia Metodológico. Banco Interamericano de Desenvolvimento. Disponível em <[http://www.nossagoiania.org.br/sites/default/files/biblioteca/guia\\_metodologico\\_2012.pdf](http://www.nossagoiania.org.br/sites/default/files/biblioteca/guia_metodologico_2012.pdf)>.*
- Bragança, L.; Guimarães, E.; Barbosa, J. A.; Araújo, C.; Alvarez, C. E.; Ulian, G. (2016). *Avaliação do nível de sustentabilidade em comunidades urbanas energeticamente eficientes.* In: Alvarez, C. E. de; Bragança, L. (Org.). *Comunidades urbanas energeticamente eficientes.* Vitória: EDUFES, pp.12-21.
- Bragança, L.; Alvarez, C. E. (2017). *Bases conceituais para avaliação da sustentabilidade em comunidades urbanas visando a eficiência energética.* In: *I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana. Cidades e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, 2017: Anais...* Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, Brasil.
- Bragança, L.; Conde, K.; Alvarez, C. (2017). *Proposta de indicadores de avaliação de sustentabilidade urbana para países latino-americanos.* In: *II Encontro Nacional sobre Reabilitação Urbana e Construção Sustentável, 2017: Anais...* Lisboa: iiSBE Portugal & Universidade do Minho. p. 85-94.
- CEPAL (2018). *La ineficiencia de la desigualdad. Trigésimo séptimo periodo de la sesiones de la CEPAL, La Habana, 7 a 11 de mayo. Santiago, 2018 Disponível em: <[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43566/1/S1800302\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43566/1/S1800302_es.pdf)>*
- Dall'O, G.; Bruni, E.; Panza, A.; Sarto, A.; Sarto, L. (2017). *Khayatian, F. Evaluation of cities' smartness by means of indicators for small and medium cities and communities: A methodology for Northern Italy.* *Sustainable Cities and Society* 34, pp. 193–202.
- Dawodu, A.; Akinwolemiwa, B.; Cheshmehzzangi, A. (2017). *A conceptual re-visualization of the adoption and utilization of the Pillars of Sustainability in the development of Neighbourhood Sustainability Assessment Tools.* *Sustainable Cities and Society* 28, pp. 398–410.
- ISO 37120:2014 (2014). *Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life.* Switzerland: International Organization for Standardization.
- Klopp, J. M.; Petretta, D. L. (2017). *The urban sustainable development goal: Indicators, complexity and the politics of measuring cities.* *Cities* 63: pp. 92 – 97.

- LEED (d). *A Citizen's Guide to LEED for Neighborhood Development: How to Tell if Development is Smart and Green*. Disponível em: <[https://www.nrdc.org/sites/default/files/citizens\\_guide\\_LEED-ND.pdf](https://www.nrdc.org/sites/default/files/citizens_guide_LEED-ND.pdf)>
- Leite, C.; Awad, J. C. M. (2012). *Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano*. Porto Alegre: Bookman.
- Lynch, A. J.; Mosbah, S. M. (2017) *Improving local measuring of sustainability: A study of built-environment indicators in the United States*. *Cities* 60: pp. 301 – 313.
- Lützkendorf, T.; Balouktsi, M. (2017). *Assessing a Sustainable Urban Development: Typology of Indicators and Sources of Information*. *Procedia Environmental Sciences* 38: pp. 546 – 553.
- Mateus, R.; Bragança, L. (2011). *Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT–H*. *Building and Environment* 46 (10), pp. 1962–1971.
- ONU-Habitat (2012). *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012 Rumbo a una nueva transición urbana*. Rio de Janeiro: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Disponível em: <[http://observ-ocd.org/sites/observ-ocd.org/files/publicacion/docs/onu\\_habitat\\_2012.pdf](http://observ-ocd.org/sites/observ-ocd.org/files/publicacion/docs/onu_habitat_2012.pdf)>.
- Salat, S.; Bourdic, L.; Kamiya, M. (2017). *Economic Foundations for Sustainable Urbanization: A Study on Three-Pronged Approach: Planned City Extensions, Legal Framework, and Municipal Finance*. Second edition. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). Urban Economy Branch, UN-HABITAT/ Urban Morphology Institute and Complex Systems, Paris.
- SBTool PT – STPU (2014). *Manual de Avaliação - Metodologia para Planeamento Urbano*. Consórcio: ECOCHOICE; Universidade do Minho - Laboratório de Física e Tecnologia. Versão distribuída à Comissão Técnica do iiSBE PT.
- Tanguay, G. A.; Rajaonson, J.; Lefebvre, J. F.; Lanoie, P. (2010) *Measuring the sustainability of cities: An analysis of the use of local indicators*. *Ecological Indicators* 10: pp. 407-418.
- United Nations (2014). *World urbanization prospects: The 2014 revision*. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. Disponível em: <<http://www.un.org/en/development/desa/publications/2014-revision-world-urbanization-prospects.html>>.
- United Nations (2015). *Report of the inter-agency and expert group on sustainable development goal indicators*. Economic and Social Council 17 December 2015. Disponível em: <https://unstats.un.org/unsd/statcom/47th-session/documents/2016-2-IAEG-SDGs-E.pdf>.
- United Nations (2017). *New Urban Agenda*. Disponível em: <<http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-English-With-Index-1.pdf>>.
- U.S. Global Change Research Program (2016). *Our Changing Planet: The U.S. Global Change Research Program for Fiscal Year 2016*. Washington, DC: U.S. Global Change Research Program. Disponível em: <[https://downloads.globalchange.gov/ocp/ocp2016/Our-Changing-Planet\\_FY-2016\\_full.pdf](https://downloads.globalchange.gov/ocp/ocp2016/Our-Changing-Planet_FY-2016_full.pdf)>.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CYTED - *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*, e às equipes das Redes Urbanere e Cires que contribuíram na discussão e com o fornecimento de dados para o desenvolvimento deste estudo.

## ORGANIZACIÓN

### COMISIÓN COORDINADORA EURO ELECS 2019

Andrea Fontelles

Ariel González

Ezequiel Steinmann

Francisco Budini

Gabriel Pittavino

Germán Venturini

Giusseppe Mingolla

Horacio Enriquez

Ignacio Corazza

Juan Alberto Carboni

Lorena Tablada

Lucía Albano

Luciano Massons

María del Carmen Castro

María Eugenia Usandizaga

Nadia Cantero

Rocío Aranda

Rocío Clarisa Spahn

Santiago Cabrera

Sebastián Pisati

Sofía Briggiler



## COMITÉ CIENTÍFICO - Evaluadores

Aldo Vecchetti (Argentina)	Fabiana Rosa (Brasil)
Alejandra Prono (Argentina)	Fausto Cardoso Martínez (Ecuador)
Alejandro Carrere (Argentina)	Fernanda Moscarelli (Brasil)
Alejandro Ferreiro (Uruguay)	Fernando Imaz (Argentina)
Alessandra Prata-Shimomura (Brasil)	Fernando Pacheco (Brasil)
Alessandra Teribele (Brasil)	Frederico Caio (Brasil)
Alexandre Toledo (Brasil)	Geisa Rorato (Brasil)
Alfredo Guillaumet (Argentina)	Giane Grigoletti (Brasil)
Ana Cecilia Campos (Brasil)	Gloria Alzugaray (Argentina)
Ana Julia Claro (Argentina)	Guillermo Ferrando (Argentina)
Ana Paula Kirchheim (Brasil)	Guillermo Marzioni (Argentina)
Ana Rosa Tymoschuk (Argentina)	Guillermo Rolon (Argentina)
Anabela Guilarducci (Argentina)	Gustavo Bolla (Argentina)
Anabella Córdoba (Argentina)	Hugo Félix Begliardo (Argentina)
Andréa Laranja (Brasil)	Humberto Sica Palermo (Brasil)
Andrea Naguissa Yuba (Brasil)	Iván Sorba (Argentina)
Andrea Parisi Kern (Brasil)	Izabele Colusso (Brasil)
Angel Oshiro (Brasil)	Javier Acosta (Argentina)
Ariel González (Argentina)	João Luiz Calmon N. da Gama (Brasil)
Beatriz Garzon (Argentina)	João Onofre Pereira Pinto (Brasil)
Bernardo Fonseca Tutikian (Brasil)	Jorge Caminos (Argentina)
Carlos Alderete (Argentina)	Jorge Luis Akasaki (Brasil)
Celia Neves (Brasil)	Jorge Tomasi (Argentina)
Christian Souza Barboza (Brasil)	Jorge Vega (Argentina)
Claudio Zega (Brasil)	José Di Paolo (Argentina)
Cristina Engel de Alvarez (Brasil)	José Luiz Pinheiro Melges (Brasil)
Cynthia Santos (Brasil)	José Stella (Argentina)
Edna Rodriguez (Brasil)	Juan Carlos Piter (Argentina)
Eduardo Donnet (Argentina)	Juan Nittman (Argentina)
Ely Arias (Argentina)	Juan Pablo Arroyo (Argentina)
Erica Coelho Pagel (Brasil)	Karina Latosinski (Brasil)

---

Laura Battaglia (Argentina)	Néstor Ortega (Argentina)
Liza Andrade (Brasil)	Néstor Ulibarrie (Argentina)
López Anahí (Argentina)	Obede Borges Faria (Brasil)
López Raul (Argentina)	Omar Chingolani (Argentina)
Luciana Brandli (Brasil)	Oscar Cabrera (Argentina)
Luciana Marson Fonseca (Brasil)	Pablo Kler (Brasil)
Luis Guerrero (México)	Patrícia Freitas Nerbas (Brasil)
Luis Muller (Argentina)	Patricio Ceballos (Ecuador)
Luis Orecchia (Argentina)	Renato Saboya (Brasil)
Marcelo Gianotti (Argentina)	Ricardo Franci (Brasil)
Marco Gonzalez (Brasil)	Ricardo Mateus (Brasil)
María Fernanda Carrasco (Argentina)	Rodolfo Rotondaro (Argentina)
María Rosa Mandrini (Argentina)	Ruben Roux (México)
Maria Teresa Barbosa (Brasil)	Silvio Rios (Paraguay)
Mario Lazarobich (Argentina)	Stella Maris Latina (Argentina)
Marta Giró (Argentina)	Ulises Manassero (Brasil)
Martín Motta (Argentina)	Virgilio Ayala (Guatemala)
Matias Orué (Brasil)	Walter Giménez (Argentina)
Mauro Tashima (Brasil)	Wilfredo Carasas (Francia)
Michele Carvalho (Brasil)	Yolanda Aranda (México)
Mirta Sosa (Argentina)	Zanta Viviana (Brasil)
Natalia Jorquera (Chile)	

## DATOS DE EDICIÓN DEL LIBRO

Código de libro: ISBN 978-987-47232-1-5

Periodicidad: bienal

Organizadores: ANTAC y EcoUrbano

Auspicio: Universidad Tecnológica Nacional - FRSF y FRP

Edición: Rocío Clarisa Spahn

Coordinación general: Ariel González

Los textos e ilustraciones son responsabilidad de sus autores.

Cualquier parte de esta publicación puede ser reproducida, con citación de la fuente.

