

# AVALUACIÓN DE LA RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO POR REMOCIÓN SÓLO DE LA CAPA AFECTADA DEL RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA.

Evaluation of repair in reinforced concrete when only take off the coating layer of de Steel bars.

Presentación: 00/00/0000

Doctorando:

**José Emidio Alexandrino Bezerra**

Universidade de Fortaleza

[joseemidiobezerra@outlook.com](mailto:joseemidiobezerra@outlook.com)

Director/es:

**Prof. Dr. Antônio Eduardo Bezerra Cabral y Prof. Ing. Angel Oshiro**

## Resumen

En esta investigación se utilizaron especímenes prismáticos (CPP) con dimensiones de 45x80x90 mm moldeados con concreto, mortero estructural, mortero polimérico y graute. Cada CPP tiene dos barras de acero CA 60 Ø 5.0 mm insertadas. Las barras se usaron en tres condiciones: pintura protectora a base de zinc, pintura protectora a base de nitrito y sin protección. Las propiedades físicas de los materiales, como la resistencia a la compresión, la absorción de agua y la resistividad eléctrica, se midieron en muestras cilíndricas (CPC). Los CPP se sometieron a ciclos de secado durante cinco días en un horno a 50 °C, seguidos de dos días de humectación por inmersión parcial en solución de NaCl al 3,5%. Después de cada ciclo, los potenciales de corrosión se midieron con equipos con voltímetro de alta impedancia y semicélula de cobre / sulfato de cobre. Así, se obtuvieron datos que permitieron comparar la eficiencia del concreto, del mortero estructural, mortero polimérico e del graute contra el ataque del cloruro. Así, se busca descubrir cual material tiene un rendimiento mejor. Esta pesquisa está en andamio y se concluirá en 16/12/2019.

Palabras clave: métodos electroquímicos, potencial de corrosión, mortero, concreto, cloruros, nitritos.

## Abstract

*In this investigation, prismatic specimens (CPP) with dimensions of 45x80x90 mm molded with concrete, structural mortar, polymeric mortar and graute were used. Each CPP with two CA 60 Ø 5.0 mm steel bars inserted. The bars were used in three conditions: zinc-based protective paint, no protection and nitrite-based protective paint. The physical properties of the materials, such as compressive strength, water absorption and electrical resistivity, were measured in cylindrical samples (CPC). The CPPs were subjected to drying cycles for five days in an oven at 50 °C, followed by two days of wetting by partial immersion in 3.5% NaCl solution. After each cycle, the corrosion potentials were measured with equipment with high impedance voltmeter and copper / copper sulfate half cell. Thus, data were obtained that allowed comparing the efficiency of concrete, structural mortar, polymeric mortar and graute against chloride attack. It is desired to discover which material has a better performance. There is a research will finish on 12/16/2019.*

*Keywords: electrochemical methods, corrosion potential, mortar, concrete, chlorides, nitrites*

## Introducción

Las reparaciones estructurales son muy importantes y debe hacerse con cuidado. Diversos autores recomiendan la remoción de todo el hormigón afectado por la corrosión de la armadura como condición *sin ne qua non* para realizar la deseada reparación. Otros autores mencionan que dependiendo de la extensión del corte y la capacidad resistente residual puede ser necesario apuntalar el elemento estructural, a pesar que en muchos casos es dificultoso por los trastornos que puede causar a los usuarios de los inmuebles residenciales y comerciales.

Aunque autores y normas indican que se debe remover todo el hormigón alrededor del perímetro de la barra oxidada, es habitual por parte de profesionales y empresas, remover sólo la capa de recubrimiento sin desplazar el hormigón por detrás de la barra cuando la corrosión no es muy intensa. Así, la desoxidación es hecha solamente en la parte expuesta de la barra, dejando inmersa en el hormigón original la parte posterior de la misma.

Seguro que no se puede negar la importancia de la remoción de agentes agresivos en la región de las fallas, pero algunas veces puede ser peligroso. Entonces, acá si propone evaluar cuál es la pérdida de cualidad cuando solo se quita la capa de cubrimiento de las barras de acero y que solución presenta la mejor relación costo/beneficio para prolongar la vida útil de las estructuras con reparaciones hechas sobre barras de acero no totalmente desoxidadas.

Además, no toda la corrosión del refuerzo de concreto se debe a la presencia de cloruros, muchos se deben a la carbonatación, que no ataca el acero, solo elimina la protección alcalina del concreto para él. Por el expuesto, resulta razonable y, en principio relevante, estudiar y evaluar la eficiencia y la eficacia de las reparaciones con la remoción parcial del hormigón afectado.

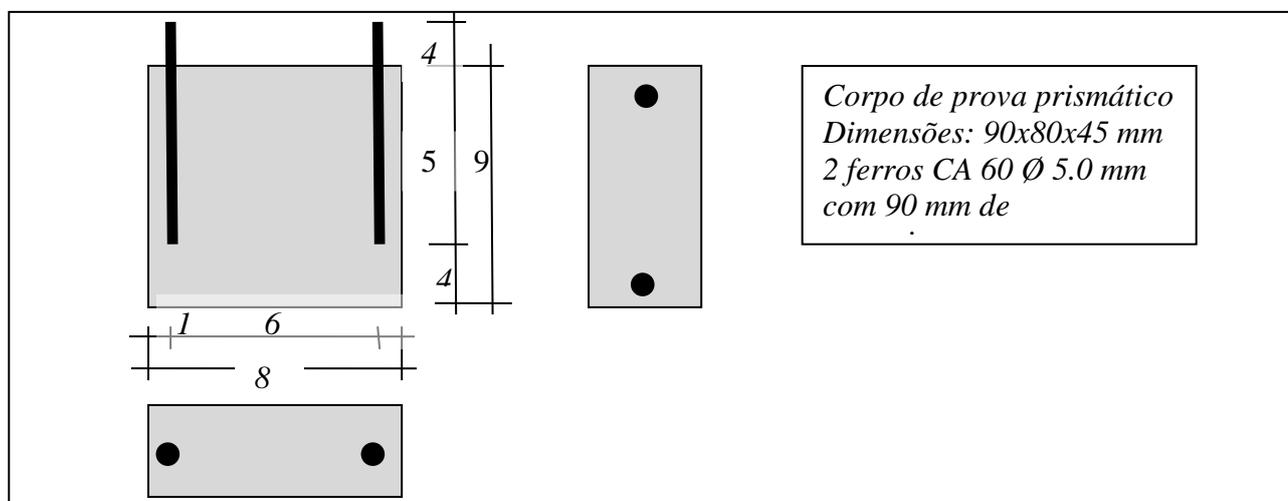
## Objetivo

Avaluar los potenciales de corrosión y la pérdida masiva de las barras de acero en reparación cuando se quita parcial o totalmente el concreto adherido a ellas.

## Metodología

Se han empleadas probetas prismáticas de hormigón armado con dos barras de acero para evaluar la eficiencia de las reparaciones con mortero estructural, mortero polimérico e graute, empleando sistemas de pinturas ricas en zinc y nitritos. Figura 1.

.Figura 1: Probeta de concreto, mortero y graute con dos barras de acero



Fuente: El autor.

Las probetas están siendo sometidas a 12 ensayos acelerados de corrosión inducidos por el ion cloruro a través de ciclos de humectación y secado, hasta el 16 de diciembre de 2019. También, se está haciendo ensayos de carbonatación, pero es un proceso más largo.

Los ensayos han hechos en los Laboratorios de Materiales de Construcción en la *Universidade de Fortaleza* (Unifor) y *Universidade Federal del Ceará* en Brasil. (Tabla 1).

Tabla 1: Fotos del Laboratorio de Materiales de Construcción de Unifor



Fuente: El autor.

Los potenciales de corrosión se están midiendo con equipos que tiene voltímetro de alta impedancia y semicélula de cobre/sulfato de cobre.

Después, serán evaluadas las pérdidas masivas del acero debido a la corrosión en balanza electrónica.

## Caracterización de los materiales

Se moldearon cuerpos cilíndricos de concreto, de mortero estructural, de mortero polimérico e de graute de acuerdo con NBR 7215/96 para las pruebas de caracterización de absorción por inmersión (NBR 9778/05), absorción capilar (NBR 9779/12), cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Pesos, absorción y índices de vacíos de los materiales

Ensaio / Material	Concreto	Argamassa	Argamassa	Graute
	1:2:3	Estrutural	Polimérica	Cimentício
Absorção de água por capilaridade (g/cm <sup>2</sup> ). S=19,64	0,47	0,38	0,26	0,31
Absorção de água por imersão. 72 hs. Ref (%)	7,96	12,64	6,68	8,13
Índice de vazios. 72 hs. Ref. (%)	20,8	23,89	6,28	17,54
Massa específica da amostra seca. 72 hs. Ref (%)	2,16	1,89	2,53	2,16
Massa específica da amostra saturada. 72 hs. Ref (%)	2,34	2,14	2,69	2,33

Fuente: El autor.

También se hicieron ensayos complementarios, tales como y migración del ion cloruro por vía electroquímica, resistividad, velocidad de pulso ultrasónico, como así también ensayos mecánicos (resistencia a la compresión, NBR 5739:93 y módulo de elasticidad, NBR 8522:84) y resistividad. Mira la Tabla 3.

Tabla 3: Ensayos de ultrasonidos e rompimientos

Material	tempo pulso	Veloc pulso	BS EM	Resistiv.	CEB 192/88	E	Relação	Fck
	µs	m/s	1254-4/4	KΩ.cm	Risco	GPa	Agua/X	Mpa
Concreto 1:2:3	52,65	3860,50	Bom	17,50	moderado	33,14	0,60	25,0
Argamassa estrutural	49,65	4030,00	Bom	8,00	alto	39,00	0,21	52,0
Argamassa polimérica	50,55	3949,00	Bom	12,70	moderado	35,50	0,15	33,0
Graute	53,35	3749,50	Bom	13,25	moderado	27,30	0,17	40,0

Fuente: El autor;

## Resultados de los ensayos de ataque de cloruros

ASTM - C 876/91 establece los siguientes parámetros para la posibilidad de corrosión en el refuerzo de concreto con base en el potencial de corrosión medido con semicélula de cobre / sulfato de cobre, presentados en la Tabla 3:

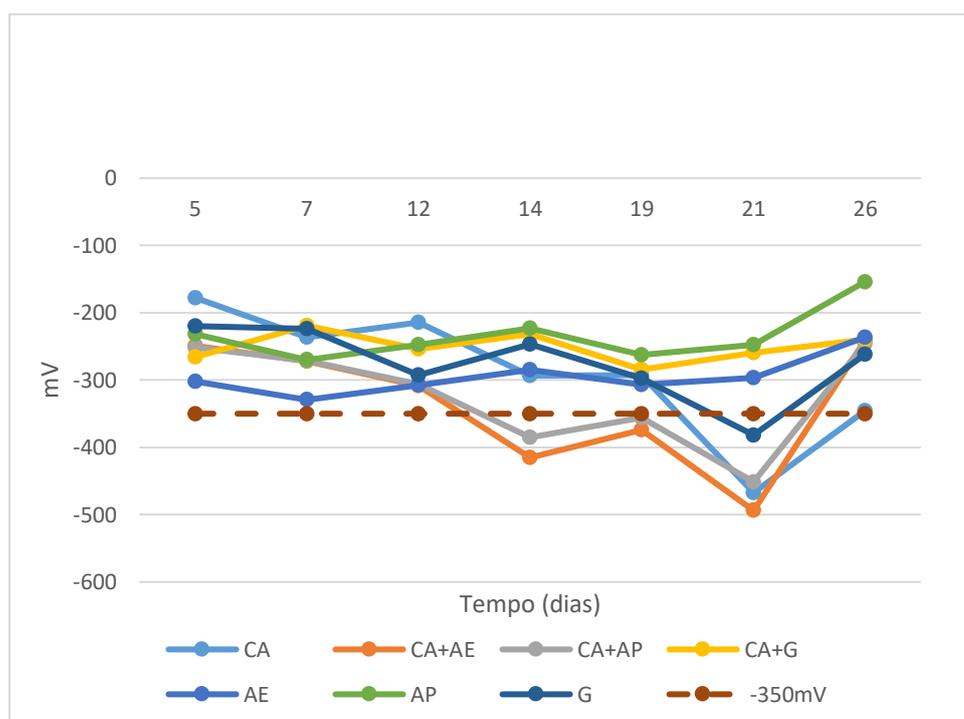
Tabla 4: Potenciales x probabilidades de corrosión

Potenciales de corrosão com semicélula de Cu/SO <sub>4</sub> Cu	Probabilidade de corrosão
$E_{corr} < -200$ mV	Menos de 5%
$-200$ mV $< E_{corr} < -350$ mV	Cerca de 50%
$E_{corr} > -350$	Mais de 95%

Fuente: ASTM – C 876/91

Para evaluar la calidad de los reparos totales e parciales con protección de pinturas con zinc e nitritos e cubrimientos con morteros estructural, mortero polimérico e graute si harán doce (12) ciclos de secada y humedad. Hasta al momento, con tres ciclos, si tienen los siguientes datos, mostrados en Grafico 1:

Gráfico 1: Potenciales de corrosión de los materiales sometidos a los cloruros.



Fuente: El autor.

## Conclusiones

A través de las líneas de tendencia de cada curva, puede saber cuántos días alcanzan el potencial de -350 mV y se puede afirmar que hay un 95% de posibilidad de corrosión.

Así, se sabe que las probetas de mortero estructural, mortero polimérico y graute aún no tiene corrosión y las probetas solo de concreto, de concreto con reparaciones parciales con mortero estructural e con mortero polimérico la corrosión comenzó con veinte días, en el tercer ciclo.

A fines de diciembre, después del duodécimo ciclo y con el pesaje de las barras de acero, se espera que tener datos concluyentes sobre la eficiencia de las protecciones y comparar las reparaciones parciales como las reparaciones totales.

## Referencias

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6118:2014. Projeto de estruturas de concreto armado – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9204: Concreto endurecido – Determinação da resistividade elétrica volumétrica – Método de ensaio, 2012. 12p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 8522:84. Módulo de elasticidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 9p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: 2005 Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: 1991 Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8802: Concreto endurecido — Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro, 2013. 8p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 95739:93. Migração por cloretos, ensaios mecânicos como a resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005. 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480. Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. São Paulo: ABNT, 2018.
- AMERICAN SOCIETY FOR TEST MATERIALS. ASTM – C 876: 1991. Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete corrosion potential.
- AMERICAN SOCIETY FOR TEST MATERIALS. ASTM – G1: 2003. Preparing, cleaning and evaluating corrosion test specimens.
- BASF. Manual Técnico, 2017. Acesso 29/05/2019.
- [https://assets.master-builders-solutions.basf.com/pt-br/basf%20--%20manual%20técnico%202017%20rev04%20versão%20web%20\(002\).pdf](https://assets.master-builders-solutions.basf.com/pt-br/basf%20--%20manual%20técnico%202017%20rev04%20versão%20web%20(002).pdf).
- BRITISH STANDARDS EN 12504-4:2000. Testing Concrete. Determination of ultrasonic pulse velocity. London, 2000.
- CIMENTO.ORG. CP II F – Cimento Portland composto com Fíler. Acesso 29/05/2019.
- <https://cimento.org/cp-ii-f-32-cimento-portland-composto-com-filer/>
- Giudice, Carlos. Corrosión Metálica y mecanismo de protección de los pigmentos inhibidores em pinturas. Notas de clases. Fortaleza: UFC, 2016
- Gjov. Odd E. Durability and design of concrete structures in several enviroments. Oslo: CRC Press. 2 ed. 2014.
- Helene, P.R.L. A NOVA NB 1/2003 (NBR 6118) E A VIDA ÚTIL DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. 2014. <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/06/185.pdf>
- Helene, P.R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo: Pini, 1976.
- LOURENÇO, M. Z.; SOUZA, C. A. C. Métodos de proteção e aumento da durabilidade do concreto armado. Corrosão e degradação em estruturas de concreto armado: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- PACHECO, j.; bilesky, P.; morais, T.R.; grando, f.; helene, P. considerações sobre o Módulo de Elasticidade do Concreto. 56º IBRACON. ISSN 2175-8182. Natal: Ibracon, 2014.
- Pazini. E.F.; Meira, G.R. Corrosión de armaduras en estructuras de hormigón. Boletín nº 6. Mérida: Alconpat Internacional, 2013.

POSETIERE, M.J., GIOIA, C. Tecnología del Hormigón. Guia de Ensayos. Córdoba: Educo, 2017.

PROCEQ S.A. Canin. Corrosion Analyzing Instrument. Operating instructions. Suitzerland. Schwerzenbach:2015.

PROCEQ S.A. Pundit PL 200. Shear Wave Transducers 250 kHz. Operating Instructions. Suitzerland. Schwerzenbach:2015.

PROCEQ S.A. Resipod Operating Instrutions. Suitzerland. Schwerzenbach:2015.

RIBEIRO, D. V. e CUNHA; M. P. T. Técnicas de avaliação e monitoramento da corrosão em estruturas de concreto armado. Corrosão e degradação em estruturas de concreto armado: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SÖYLEV, T.A.; RICHARDSON, M.G. Corrosion inhibitors for Steel in concreto: state of the art report. Elsevier. www.sciencedirect.com. 2006.

VEDACIT IMPERMEABILIZANTES. Manual Técnico, 48ª Edição. Acesso 29/05/2019.<http://www.vedacit.com.br/uploads/biblioteca/manual-tecnico-vedacit-5.pdf>.

ZERBINO, R. L.; CARRASCO, M.F. Hormigón endurecido. Ese material llamado hormigón. Buenos Aires: Asociación Argentina de Tecnología del Hormigón, 2012.