ENG MAT CON
CONGRESSO ONLINE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS
Edição 2021

A DESPASSIVAÇÃO DA ARMADURA NO INTERIOR DO CONCRETO A PARTIR DA CONTAMINAÇÃO POR CARBONATAÇÃO: VERIFICAÇÃO COM BASE EM UM ANALISADOR DE CORROSÃO

III Congresso Online de Engenharia de Materiais. inscrições encerradas, 4ª edição, de 27/04/2021 a 30/04/2021
ISBN dos Anais: 978-65-89908-00-5

SILVA; Nina Celeste Macario Simões da [1], SILVA; Marcelo Lima [2], SANTOS; Everaldo Felix dos [3], SILVA,; Felipe Caitano da Silva, [4]

RESUMO

RESUMO: A carbonatação é um tipo de contaminação frequente no concreto armado e que pode ser definir a corrosão das armaduras inseridas nas peças estruturais. A avaliação prévia pode ser realizada de diversas formas, neste trabalho será descrito como o uso de um analisador de corrosão, ensaio não destrutivo, tem por objetivo medir, na superfície de um elemento de concreto armado, o potencial de corrosão em relação a um eletrodo de referência, e com isso delimitar uma área com indicação de corrosão a fim de se aplicar o tratamento futuro de forma localizada. A ausência do controle efetivo da concretagem das peças estruturais pode contribuir para a despassivação das armaduras, bem como abrir a possibilidade para a contaminação do concreto através do CO2 (dióxido de carbono), promovendo a carbonatação. Esse fenômeno ocorre a partir da penetração do gás carbônico nos poros do concreto e quando encontra moléculas de água forma o ácido carbônico (H2CO3) que, por sua vez, reage com o hidróxido de cálcio (Ca (OH)2), gerando o carbonato de cálcio (CaCO3) e água. O carbonato de cálcio não deteriora o concreto, porém durante a sua formação consome os componentes alcalinos do cimento e reduz o pH interno do concreto, o qual normalmente atinge níveis de pH 12, ou seja, caracterizando-se por um ambiente alcalino, com a contaminação o pH pode chegar a níveis inferiores a 9. Assim, identificar o trecho despassivado da armadura no interior da peça estrutural permite uma correção eficaz.

Palavras-chave: corrosão, carbonatação, inspeção, estruturas de concreto, durabilidade.

ABSTRACT: The Carbonation is a type of frequent contamination in the armad concrete and it can be defined as the corrosion of the reinforcement inserted in the reinforced concrete structural parts. The prior evaluation can be carried out in different ways. In this work, the use of a corrosion analyzer, through a non-destructive test, aims to measure, on the surface of a reinforced concrete element, the corrosion potential in relation to an electrode. reference, and with that delimit an area with indication of corrosion to apply the future treatment in a localized way. The absence of effective control of the concreting of the structural parts can contribute to the depassivation of the reinforcement, as well as opening the possibility for the contamination of the concrete through CO2 (carbon dioxide), that is, promoting carbonation. This phenomenon occurs from the penetration of carbon dioxide into the pores of concrete and when it encounters water molecules it forms carbonic acid (H2CO3) which, in turn, reacts with calcium hydroxide (Ca (OH)2), generating carbonate calcium (CaCO3) and water. The calcium carbonate does not deteriorate the concrete, however, during its formation it consumes the alkaline components of the cement and reduces the internal pH of the concrete, which normally reaches pH 12 levels, that is, it is characterized by an alkaline environment, with the contamination the pH can reach levels below 9. So, identify the unassembled section of the reinforcement inside the structural part, allows an effective correction.

Key words: corrosion, carbonation, inspection, concrete structures, durability.

INTRODUÇÃO

[1] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, ninaceleste184@gmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, amil_olecram@hotmail.com
[3] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, everaldo.201714020@univisa.edu.br
[4] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, 201524015@univisa.edu.br

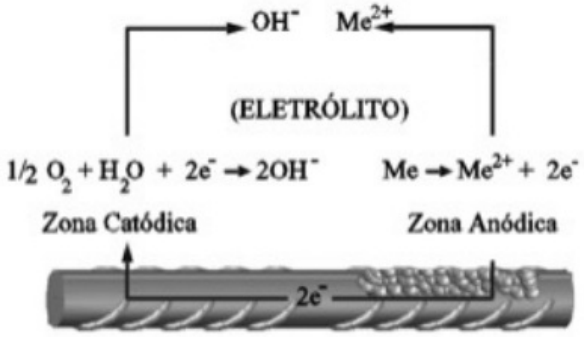
A durabilidade das estruturas de concreto armado reflete diretamente em efeito positivo para a sustentabilidade na construção civil. O desgaste e deterioração de peças estruturais produzidas pelo compósito, tendem, com o passar o tempo, a se transformar em resíduo. Nesse contexto, a verificação antecipada, preventiva das condições dessas estruturas, contribui para o conhecimento prévio de manifestações patológicas, a fim de se elevar a vida útil da construção. Para Trevisol, 2017 "estima-se que 90% dos problemas patológicos em estruturas de concreto no mundo tem como consequência a corrosão de armadura".

A NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento, estabelece as classes de agressividade ambiental e determina o cobrimento necessário para proteção do aço. O controle de qualidade na execução de obras em concreto armado, atendendo as prescrições normativas, favorece a minimização do problema patológico.

Em condições normais, o aço de reforço é protegido da corrosão por um fino filme passivo de óxido de ferro hidratado. Destaca-se que o concreto é uma camada física protetora do aço, como também devido ao elevado pH existente no interior do concreto, confere a armadura uma proteção química, permitindo ao aço manter envolvido em uma fina película passivadora. De acordo com Figueiredo, 2013 "a formação e estabilidade dessa película têm relação com a elevada alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto." Esse filme passivo é decomposto pela carbonatação ou pela penetração de substâncias agressivas ao aço, principalmente cloretos.

A corrosão das armaduras pode ocorrer de diversas formas, mas muitas vezes o fenômeno é de natureza eletroquímica. Esse tipo de corrosão destaca-se pela formação de uma pilha eletroquímica de corrosão, em que há a presença de um ânodo o qual se caracteriza pela passagem do material do estado metálico para o estado iônico (oxidação), segundo Figueiredo, 2013. No anodo, íons ferrosos (Fe++) são dissolvidos e elétrons são liberados. Esses elétrons derivam pelo aço até o catodo, onde formam hidróxido (OH-) com a água e o oxigênio geralmente disponíveis. Esse princípio cria uma diferença de potencial que pode ser medida pelo método de meia célula, de acordo com a figura 1.

Figura 1– Representação da diferença do potencial de corrosão em uma mesma barra de aço.



Fonte: Figueiredo, 2013.

METODOLOGIA

Foram adotadas as seguintes etapas para realização da pesquisa:

A primeira atividade foi identificar na edificação o ponto de deterioração na estrutura que pudesse garantir a observação, ao mesmo tempo, do concreto contaminado e do aço com provável despassivação. O prédio corresponde a uma edificação com dois pavimentos em concreto armado e vedação em alvenaria de blocos cerâmicos. A área onde foi realizada a inspeção apresentava desgaste, verificado com antecedência. Prédio interno próximo ao estacionamento de veículos de fluxo constante. Área de entrada, pista de tráfego, e a edificação apresentava várias trincas e fissuras. Foram analisados dois pilares e após a inspeção, subseções representativas devem foram escolhidas para a realização de medições do campo de potencial com o sistema Canin+.

O instrumento utilizado foi um Analisador de Corrosão CANIN +. Esse instrumento permite, a partir

[1] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, ninaceleste184@gmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, amil_olecram@hotmail.com
[3] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, everaldo.201714020@univisa.edu.br
[4] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, 201524015@univisa.edu.br

de uma leitura através de gráficos, identificar diferença de potencial que pode ser medida na superfície do concreto para obter uma imagem característica do estado de corrosão da superfície do aço dentro do concreto. Com essa finalidade, um eletrodo de referência é conectado por meio de um voltímetro de alta impedância (no caso do sistema Canin+ R = 10 MΩ) ao reforço de aço e movimentado em uma grade acima da superfície de concreto de 0,15 x 0,15 m2, uma vez que se tratava de uma inspeção em um pilar, conforme indicado nas imagens 2 e 3.

Figura 2 e 3 – Imagem da preparação do eletrodo com sulfato de cobre

Fonte: Fotos dos autores.

Em seguida foi preparado o eletrodo, através do preenchimento total com uma solução de sulfato de cobre (barra e disco). O eletrodo estando totalmente cheio visa assegurar que a solução esteja em contato com o plugue de madeira mesmo ao medir em numa direção ascendente, indicado nas figuras 4 e 5.

Figura 4 e 5 – Imagem da preparação do eletrodo com sulfato de cobre.

Fonte: Fotos dos autores.

A quarta etapa foi a realização da medição direta no elemento estrutural que apresentava deterioração e destacamento do concreto. Para isso é importante fazer a aferição do instrumento aplicando um valor de E = ± 20 mV para calibração, bem como proceder o aterramento do aparelho. A superfície que seria avaliada foi molhada cerca de 15 minutos antes do início da medição, de modo a manter a área saturada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais critérios para avaliação da medição realizada são a corrosão ativa, que pode ser esperada em locais onde o gradiente de potencial é positivo, e onde a diferença de potencial com delta de cerca de +100mV dentro de uma área de medição de 1 m, junto com potenciais negativos, vão indicar a probabilidade de corrosão ativa. A localização precisa da posição da armadura no interior da peça estrutural, que no trabalho apresentado se caracteriza um pilar em área externa, acelera a abertura de ponto na estrutura para permitir o acoplamento da extremidade com eletrodo e assim medir a diferença de potencial, indicado nas imagens 6 e 7.

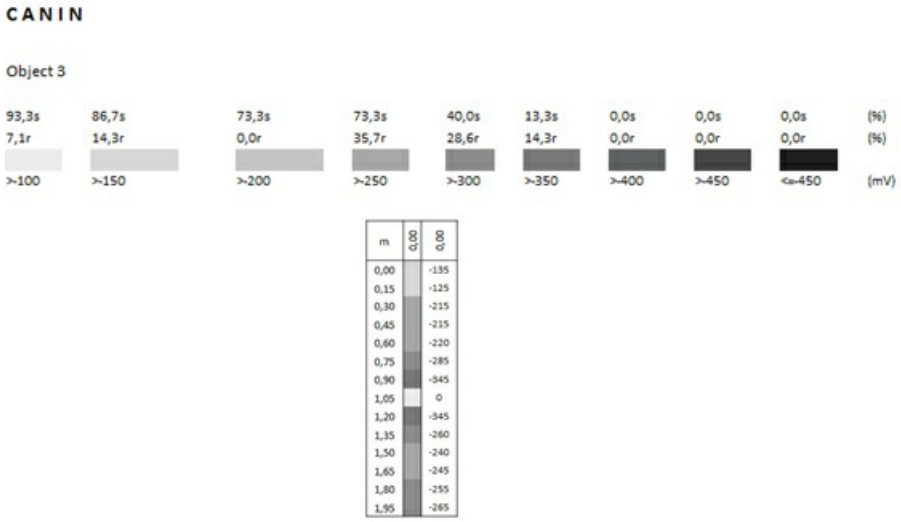
[1] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, ninaceleste184@gmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, amil_olecram@hotmail.com
[3] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, everaldo.201714020@univisa.edu.br
[4] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, 201524015@univisa.edu.br

Figura 6 e 7 – Imagem da preparação do eletrodo com sulfato de cobre.

Fonte: Fotos dos autores.

Na averiguação realizada no pilar da edificação, e após a medição do potencial de corrosão, foram obtidas as leituras do equipamento através de gráficos, apresentado no gráfico 1. Os valores verificados na leituras indicam variações negativas em um intervalo em metros de 0,0 m até 1,95m, dentro do padrão esperado para o equipamento. Assim, tomando como base o representativo pelo fabricante do instrumento os dados estabelecem para a estrutura analisada corrosão ativa.

Gráfico 1 – Leitura 3 do analisador de corrosão



A diferença de potencial apresentada nas leituras do analisador permite confirmar a provável existência de corrosão ativa, de acordo com o que mostra a tabela 1.

Tabela 1: Descrição por tempo percorrido do eletrodo e a diferença de potencial

Leitura 1	
Tempo (s)	**Diferença de potencial (mV)**
93,3s	>-100
86,7s	>-150
73,3s	>-200
73,3s	>-250
40,0s	>-300
13,3s	>-350

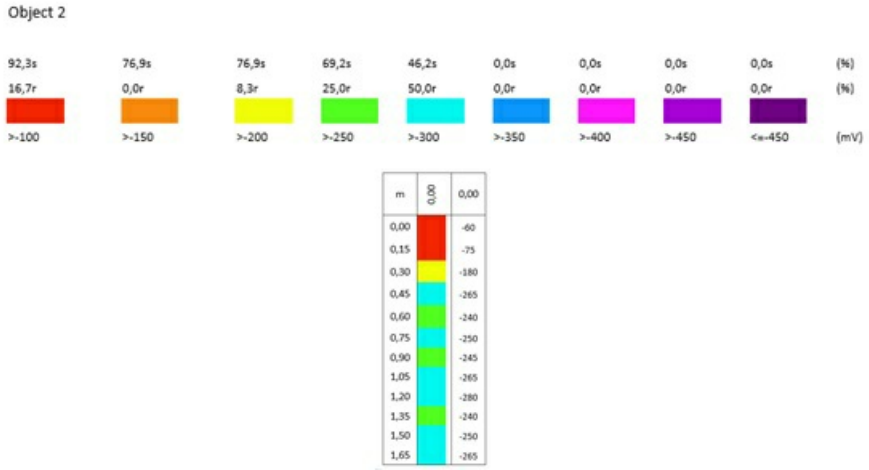
Fonte: Os autores.

Foram realizadas várias leituras, em cada uma delas a expressão das medições da diferença de

[1] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, ninaceleste184@gmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, amil_olecram@hotmail.com
[3] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, everaldo.201714020@univisa.edu.br
[4] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, 201524015@univisa.edu.br

potencial encore em valores negativos, conforme apresentado no gráfico 2. O modo de apresentação do gráfico pode ser alterado para que além da verificação dos valores através dos números, uma variação de cores, possa estabelecer também o grau de corrosão do aço.

Gráfico 2 – Leitura 2 do analisador de corrosão.



Desse modo, através do ensaio não destrutivo, e com a estrutura com indícios de corrosão nas peças, apresentando manchas ou destacamentos do revestimento, é possível antecipar o prognóstico e a terapia adequada para a recuperação estrutural de uma edificação que contenha o aço no interior das estruturas em concreto armado. Esse procedimento torna a averiguação das construções mais efetivas e podendo ocorrer em um menor espaço de tempo, a fim de se estabelecer um cronograma de manutenção preventiva e consequentemente elevar a vida útil das edificações.

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos a partir da leitura do instrumento. Embora todos os procedimentos possam variar a partir de cada operador ou até mesmo a observação do inspetor, a variação negativa apresentada na leitura de cada gráfico demonstra as áreas onde, potencialmente, a armadura apresenta corrosão.

Tabela 2: Descrição por tempo percorrido do eletrodo e a diferença de potencial.

Leitura 2	
Tempo (s)	**Diferença de potencial (mV)**
92,3s	>-100
76,9s	>-150
76,9s	> -200
69,2s	>-250
46,2s	>-300

Fonte: Os autores.

CONCLUSÃO

O uso do aço na construção civil tem se tornado cada vez mais importante. A história do uso desse material por outras nações versa ainda dos anos de 1940, como nos USA. Entretanto, no Brasil, para além do uso como armadura do concreto armado estrutural, em seus diversos modos de uso, a utilização do aço como estrutura metálica vem dia a dia tomando maior espaço na indústria da construção. Nesse sentido, elevar as características construtivas do material é prioridade, mas também elevar a qualidade de execução dos sistemas construtivos permitirá a elevação da durabilidade das construções e consequentemente a participação maior das construções sobre o aspecto da sustentabilidade. A inspeção realizada antecipa a probabilidade de tratamento do desgaste da estrutura em concreto e da despassivação do aço, de forma imediata, uma vez que identificada as áreas de contaminação do concreto, que neste caso foi por carbonatação, bem

[1] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, ninaceleste184@gmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, amil_olecram@hotmail.com
[3] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, everaldo.201714020@univisa.edu.br
[4] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, 201524015@univisa.edu.br

como a avaliação da armadura interna com indícios de corrosão, permitirá uma intervenção localizada e precisa.

Assim, os aspectos relacionados ao conhecimento precoce da corrosão do aço em uma armadura existente no interior de uma peça em concreto armado, permitiu atingir ao objetivo do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118:2014. Projetos de estruturas de concreto – Procedimento.

_____.NBR 12655:2015. Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento

_____.NBR 14.931, 2004. Execução de estruturas de concreto – Procedimento.

BAUER, L. A. F. Materiais de construção. Rio de Janeiro: LTC. Vol. 1, 1994.

Carbonatação compromete a durabilidade das estruturas de concreto. Revista Eletrônica. Disponível em: https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/carbonatacao-compromete-a-durabilidade-das-estruturas-de-concreto/. Acesso em: 24-03-2021.

César Augusto Trevisol, Paulo Roberto Paes da Silva, Marcos Marques da Silva Paula, Fernando Pelisser. Artigo: Avaliação de inibidores de corrosão para estruturas de concreto armado. Revista Matéria V 22 – Nº 4. ISSN 1517-7076 artigo e-11904, 2017. Disponível em: https://revistas.ufrj.br/index.php/rm/article/view/17026/10367. Acesso em: 24-03-2021.

FIGUEIREDO, Enio J. Pazini; MEIRA, Gibson Rocha. Boletim Técnico nº 6 - Corrosão das armaduras de concreto. Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia da Paraíba Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. UFPB. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción. 2013. Disponível em: http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B6-Corros%C3%A3o-das-armaduras-das-estruturas-de-concreto.pdf.

ISAIA, G.C. et al. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. 1. ed. São Paulo: IBRACON, v.1, 2007.

Profometer Corrosão, Manual Técnico Potencial de corrosão, resistividade do concreto e testadores de permeabilidade. PROCEQ. Disponível em: https://www.proceq.com/compare/corrosion-potential-concrete-resistivity-and-permeability/

PALAVRAS-CHAVE: corrosão, carbonatação, inspeção, estruturas de concreto, durabilidade

[1] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, ninaceleste184@gmail.com
[2] Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP, amil_olecram@hotmail.com
[3] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, everaldo.201714020@univisa.edu.br
[4] CENTRO UNIVERSITÁRIO DA VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - UNIVISA, 201524015@univisa.edu.br