



A IMPORTÂNCIA DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS PARA DIAGNÓSTICO DE CORROSÃO NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

SHELMAN, Carolinne (1); FERNANDES, Kamylla (2); COSTA, Sérgio (3);
SILVA, Everlânia (4)

Universidade Potiguar – UnP, carolinnessg@gmail.com; Universidade Potiguar - UnP,
kamyllafernandes@gmail.com; Universidade Potiguar - UnP, sergiorac@live.com; Universidade
Potiguar - UnP, everlania.silva@unp.br

RESUMO

A corrosão das armaduras é uma das patologias que mais afetam as estruturas de concreto armado, pois ela contribui de forma exponencial para a deterioração das edificações, sobretudo nas regiões de clima equatorial e tropical, onde as elevadas temperaturas e o alto teor de umidade do ar maximizam este efeito. Assim, torna-se necessário a adoção de alguns procedimentos de ensaio para verificação do estado de conservação destas armaduras, para que possam ser tomadas medidas que interrompam o processo de corrosão e os mecanismos de danos das diferentes manifestações patológicas, associadas a essa patologia. Este trabalho tem como objetivo ressaltar a importância dos ensaios não destrutivos como ferramenta de diagnóstico de corrosão nas estruturas de concreto, dando ênfase aos ensaios de carbonatação e o de potencial de corrosão. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica e utilizadas como base as normas ASTM C – 876 e DIN EN 14630 para descrição dos procedimentos de ensaio de potencial de corrosão e de determinação da profundidade de carbonatação pelo método da fenoftaleína. Ao final deste trabalho verificou-se então que, quando esses ensaios são utilizados de maneira associada a outros métodos de análises, a eficácia desses procedimentos tem seu grau de confiabilidade elevado, onde pode-se ter uma noção do real estado de conservação das estruturas, além de propiciar planos de recuperação dos elementos corroídos e/ou agredidos.

Palavras-chave: Corrosão. Patologias. Ensaio. Concreto.

ABSTRACT

The corrosion of reinforcement is one of the pathologies that most affect reinforced concrete structures, since it contributes exponentially to the deterioration of buildings, especially in the regions of equatorial and tropical climate, where the high temperatures and the high moisture content of the air maximize this effect. So, it is necessary to adopt some test procedures to verify the state of conservation of these reinforcements, so that measures can be taken that interrupt the corrosion process and mechanisms of damages of the different pathological manifestations, associated with this pathology. This work aims to highlight the importance of non-destructive tests as a tool for the diagnosis of corrosion in concrete structures, with emphasis on carbonation tests and corrosion potential. For this purpose, a bibliographic review was carried out and the ASTM standards C - 876 and DIN EN 14630 were used as basis for the description of corrosion potential testing procedures and the determination of carbonation depth by the phenolphthalein method. At the end of this work it was verified that, when these tests are used in a way associated to other methods of analysis, the effectiveness of these procedures has a high degree of reliability, where one can have a notion of the real state of conservation of the structures, In addition to providing plans for the recovery of corroded and/or damaged elements.

Keywords: Corrosion. Pathologies. Tests. Concrete.

1 INTRODUÇÃO

Apesar do concreto se apresentar como um material denso e resistente e do todo avanço tecnológico, ainda é notória a falta de cuidado da mão-de-obra durante a execução dos elementos estruturais. Em decorrência disso percebe-se cada vez mais a corrosão precoce das armaduras de reforço das estruturas de

concreto armado.

Essa manifestação patológica, impertinente e indesejável, reduz a vida útil e a durabilidade da estrutura, além de majorar os custos com a manutenção e reparo. Nesse sentido, a análise dessa anomalia possibilita um diagnóstico mais preciso e contribui com informações necessárias para minimizar a incidência de problemas futuros na estrutura.

De acordo com Polito (2006) o concreto apresenta-se como uma camada de proteção do aço, porém esta condição é perdida à medida que o concreto é atacado por substâncias agressivas existentes no meio ambiente. Segundo Cascudo (1997), no interior do concreto de cimento Portland a corrosão do aço se dá de forma lenta, devido ao seu PH alcalino, em torno de 12,5. Entretanto, alguns fenômenos podem acelerar o processo de oxidação das armaduras, como a carbonatação, por exemplo.

Polito (2006) ainda ressalta que as principais substâncias que atacam o concreto são: CO₂, causando a carbonatação do concreto, tendo como consequência a redução do PH e a quebra da película passivante, e os cloretos, que resultam no aumento da condutividade do concreto e a consequente quebra da camada passivante.

A corrosão do aço nas estruturas de concreto é umas das patologias mais encontradas e a que envolve maiores risco à segurança. Este fenômeno pode ser percebido tanto pela inspeção visual, como através de ensaios eletroquímicos. Visualmente percebemos a corrosão nas armaduras pela simples mudança de cor da sua superfície que passa de tons de cinza para tonalidades mais escuras ou avermelhadas. Em estados mais avançado da corrosão do aço, percebemos o acúmulo de material oxidado, a diminuição da secção transversal, e/ou o deslocamento do cobrimento das estruturas de concreto, como pode ser visto na figura 1.

Figura 1 – Estrutura de concreto armado com nível avançado de corrosão.



Fonte: Acervo dos autores (2017)

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Manifestações patológicas e mecanismos de corrosão

Para Antônio Carmona e Paulo Helene (1992), os problemas patológicos, salvo raras exceções, apresentam manifestação externa características, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar suas prováveis consequências. Para o fenômeno da corrosão, os mecanismos comumente apresentam manifestações como: fissuras, porosidade, manchas aparentes, ninhos de concretagem, segregação, que podem influenciar no mecanismo de degradação e facilitar o processo de corrosão. A exemplo disso, pode-se considerar o surgimento de fissuras, facilitando a entrada de oxigênio e outros gases que são causadores desse.

De acordo com Helene (1997) a corrosão do aço no concreto armado é uma ocorrência de natureza eletroquímica que pode ser acelerado pela presença de agentes químicos externos ou internos ao concreto. Assim, um ambiente úmido, com existência de oxigênio e contaminado é propício para a manifestação de patologias relacionadas à corrosão da armadura.

O concreto possui um papel fundamental na proteção da armadura, o cobrimento e características como a permeabilidade adequada e absorção de água garantem que este se apresente menos poroso, dificultando o transporte de gases e cloretos para o interior da estrutura, resultando em um concreto mais alcalino de elevado pH, garantindo a não carbonatação do concreto e a não entrada de sais prejudiciais a armadura.

De acordo com Cascudo (1997) a armadura está protegida quando se encontra em meio alcalino, devido à presença de uma película protetora composta por óxido de ferro formado após oxidação do ferro e redução do oxigênio, passiva que serve de proteção, envolvendo toda a armadura contra agentes agressivos externos e internos ao concreto.

2.1.1 Corrosão eletroquímica

Silva (2003) afirma que a corrosão eletroquímica consiste na formação de uma espécie de pilha eletrolítica. Para que a mesma seja formada, é necessário que haja uma diferença de potencial entre pontos na solução da estrutura, presença de oxigênio e a existência de um eletrólito. A corrosão das armaduras ocorre com a dissolução do ferro em íons que passam pelos poros do concreto no formato de íon positivo bivalente e deixam dois elétrons na armadura, ocasionando o excesso de elétrons, que fluem através da armadura para a região catódica e são consumidos em uma reação de redução. Esse processo ocasiona a quebra da película protetora das armaduras, e com a presença de íons cloreto as reações catalisadoras agravam o processo de corrosão.

De acordo com Gentil (2011) a corrosão eletroquímica do aço das armaduras do concreto, pode apresentar nas seguintes formas: uniforme, puntiforme, intergranular, transgranular e fragilização pelo hidrogênio.

Ainda segundo o autor a corrosão uniforme ocorre em toda a extensão do aço quando exposta em meio corrosivo. A corrosão puntiforme apresenta sinais de

desgastes localizados, sob forma de pites ou alvéolos. Já na corrosão intergranular o processo de oxidação ocorre entre os grãos da rede cristalina do material metálico. Estes quando sofrem ações mecânicas, podem vir a fraturar e por consequência inviabilizar o seu uso. Na forma transgranular a corrosão ocorre intragrãos da rede cristalina, e assim como a corrosão intergranular as ações mecânicas podem vir a fraturar o material metálico. Na fragilização pelo hidrogênio a presença do hidrogênio atômico no interior do aço da armadura, reduz a sua ductabilidade, fragilizando-a e resultando em uma possível ruptura.

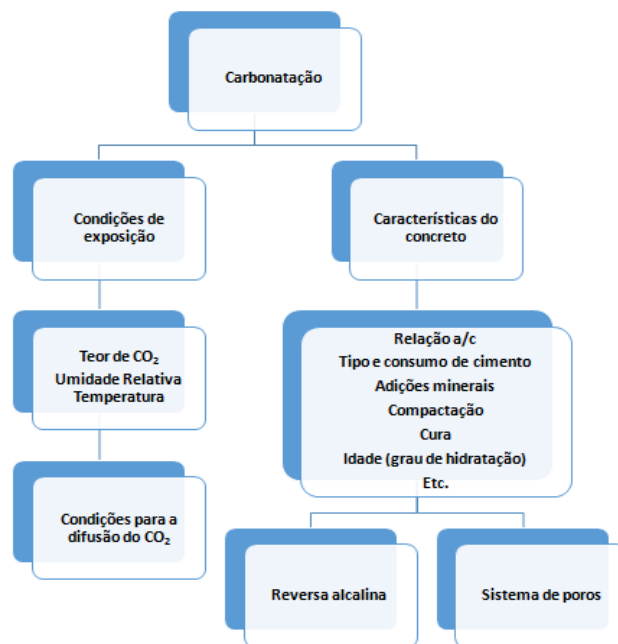
Gentil (2011) ressalta que a corrosão puntiforme é a mais preocupante, pois a degradação apresenta-se em regiões mais profundas do material metálico, resultando na concentração de tensões solicitantes na região oxidada, possibilitando assim a corrosão sob tensão fraturante.

2.2 Carbonatação

A carbonatação é um processo que consiste na transformação de íons alcalinos, presentes no concreto armado, em carbonatos, através da exposição destes a gases ácidos presentes no ambiente, como por exemplo o dióxido de carbono e dióxido de enxofre. Em decorrência desse fato, ocorre a modificação da microestrutura do componente e sua redução de Ph, diminuindo a alcalinidade da estrutura e ocasionando a desp passivação da armadura, podendo influenciar na estabilidade da construção.

Conforme Nunes (2014), esse fenômeno é influenciado por algumas variáveis físico-químicas que podem acelerar ou não o processo, dentre elas encontram-se a concentração de CO₂, as condições do meio ambiente no qual a estrutura está inserida, a relação água/aglomerante, a presença de aditivos ou adições, entre outros. Tais variáveis podem ser observadas através do diagrama representado na figura 2.

Figura 2 – Fatores intervenientes na carbonatação do concreto



Fonte: Adaptado de Cascudo e Carasek (2011)

2.2.1 Penetração de CO₂

Segundo Helene (1993) a penetração do CO₂, na camada de cobrimento, se dá pelo processo de difusão. Na medida que o gás carbônico percola no concreto vão ocorrendo as reações nos compostos hidratados do cimento. Isto resulta na alteração das propriedades iniciais do concreto, pois modifica a sua microestrutura, aumentando a sua porosidade, permeabilidade e difusividade dos gases na estrutura. Ainda segundo o autor, a determinação da profundidade carbonatada do concreto de cobrimento é um procedimento trivial e de precisão elevada. Ele ainda ressalta que se deve ter uma atenção especial na qualidade do concreto de cobrimento, pois este é que está diretamente exposto aos agentes agressivos.

2.2.2 Meio ambiente

A umidade relativa do ar é um fator determinante no grau de saturação dos poros do concreto. Em concreto saturados a penetração de CO₂ é praticamente interrompida, pois em meio líquido a difusão de CO₂ é 10⁴ vezes mais lenta que no meio gasoso (KULAKOWSKI, 2002).

De acordo com Helene (1993) outro agente que influencia diretamente na taxa de carbonatação do concreto é a atmosfera e o micro-clima. A concentração de CO₂ no ar varia de acordo com ambiente de exposição, estando na faixa de 0,03 a 0,05% em ambientes rurais e entre 0,1 e 1,2% em ambientes com tráfego pesado. Outro fator que tem grande influência é a temperatura, pois ela aumenta as taxas das reações químicas, e deve ser levada em consideração quando se fala em durabilidade das estruturas de concreto. Regiões de clima equatorial e tropical tem suas estruturas mais castigadas pela ação da temperatura quando comparadas à regiões de climas temperados.

2.2.3 Relação água/cimento

Como mencionado anteriormente, a baixa porosidade e a permeabilidade são características fundamentais que garantem a durabilidade das estruturas. A relação água/cimento tem uma relação direta com essas características e diversos estudos vem sendo realizado a fim de avaliar a influência dessa variável na profundidade da frente de carbonatação. Baseado em alguns destes estudos, Helene (1993) ainda faz um comparativo da relação água/ cimento com o cobrimento no âmbito da durabilidade das estruturas: quanto mais baixa a relação água cimento menor o cobrimento necessário. Assim, não se pode definir a espessura mínima do cobrimento apenas em função da classe de agressividade do ambiente. A utilização de diferentes espessuras de cobrimento pode também ser função de uma baixa relação água/cimento, capricho na execução e extrema atenção no processo de cura.

Kulakowski (2002) retrata que o processo de cura tem influência direta na hidratação e na formação da microestrutura do concreto, pois quanto maior for grau de hidratação do cimento, mais densa será a estrutura e por consequência menor as taxas de penetração dos agentes agressivos.

2.2.4 Aditivos e Adições

Segundo Helene (1993), apesar das adições de substâncias ativas ou inertes ao clínquer do cimento Portland ser uma tendência mundial, uma vez que reduzem o gasto de energia envolvido no processo de produção do cimento e de melhorarem algumas propriedades do concreto como a redução da permeabilidade e da porosidade e aumento nas resistências mecânicas, alguns trabalhos experimentais, nacionais e estrangeiros, vem demonstrando que o uso desses aditivos aumentam a velocidade da profundidade de carbonatação, uma vez que há uma redução da concentração de cimento, ou seja, redução na concentração de hidróxido de cálcio. Isto pode ser explicado pelo conceito de reserva alcalina, pois à medida que aumenta a concentração de hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 , o gás carbônico, CO_2 , necessita, primeiramente, reduzir o pH e depois reagir com todo o hidróxido de cálcio presente. Assim o CO_2 não penetra com a mesma velocidade na estrutura, retardando o processo de precipitação do carbonato de cálcio na solução dos poros.

2.3 Ensaios não destrutivos

De acordo com Neville (2016), o uso de ensaios não destrutivos possibilita menor danos à estrutura, não comprometendo o desempenho e a aparência do concreto. Além disso, essa técnica fornece uma maior segurança e permite uma melhor programação da construção, tornando o processo mais rápido e econômico.

Nessa linha, os ensaios não destrutivos possuem representativo potencial para manutenção preventiva e corretiva, possibilitando avaliar o comportamento dos materiais aplicados sem danificá-los, permitindo a repetição do ensaio no mesmo local ou em local muito próximo com baixa ou nenhuma interferência na obra viabilizando um constante monitoramento e o acompanhamento de variações ao longo do tempo, características em linha com a nova necessidade e expectativa do setor construtivo. (BARREIRA; FREITAS, 2004).

As técnicas não destrutivas possibilitam avaliar a capacidade de resistência, a qualidade do concreto e a integridade da estrutura, obtendo diagnósticos mais precisos acerca da condição atual do objeto estudado. Nesse sentido, os ensaios mais utilizados para a avaliação das condições de corrosão do concreto armado, por possuírem facilidade na execução e fácil acesso aos equipamentos e materiais, são os ensaios de potencial de corrosão e o de carbonatação.

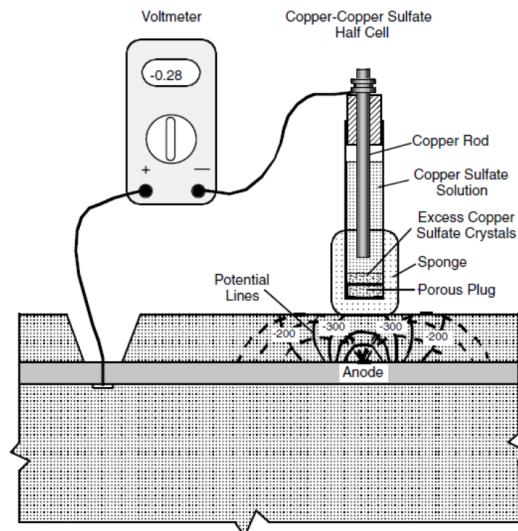
2.3.1 Ensaio de potencial de corrosão

O ensaio de potencial de corrosão é um ensaio não destrutivo largamente utilizado, que pode ser realizado em campo ou em laboratório, para determinar o potencial de corrosão do aço em estruturas de concreto armado. Seu princípio baseia-se na diferença de potencial – DDP entre a armadura (catodo) e a superfície da estrutura de concreto (anodo), gerando um fluxo de elétrons na célula galvânica.

A norma ASTM C – 876 recomenda o uso de um voltímetro de alta impedância conectado à armadura, por meio de uma abraçadeira, e de um eletrodo de referência, em contato na superfície do concreto, este detecta o fluxo de corrente elétrica no processo de corrosão eletroquímica da armadura, desse modo a

magnitude das medidas (potenciais) dará uma probabilidade de corrosão das armaduras, de acordo com o que consta na figura 3.

Figura 3 – Esquema de ligação dos equipamentos do ensaio de potencial de corrosão

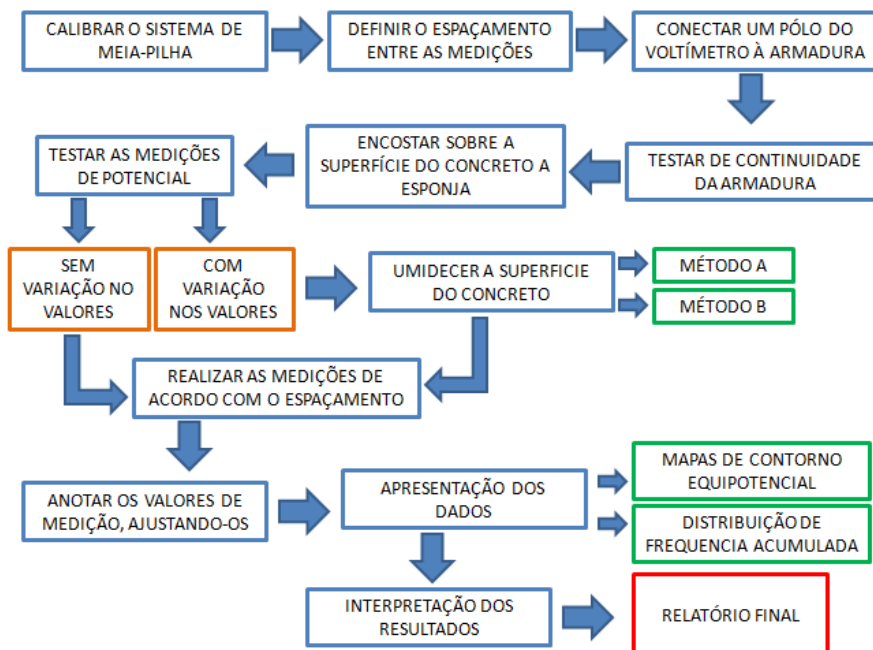


Fonte: Helal, J.; Sofi, M.; Mendis (2015)

É importante ressaltar que durante as medições a superfície esteja limpa e desimpedida de qualquer camada que possa comprometer a veracidade das informações obtidas, tais como: tintas, camadas de concreto carbonatado ou qualquer outro material que funcione como dielétrico. Muitas vezes faz-se umedecer a superfície do concreto e/ou lixar armadura a fim de garantir pleno funcionamento do equipamento.

O fluxograma a seguir mostra de forma sucinta e objetiva as etapas do ensaio de potencial de corrosão.

Figura 4 – Fluxograma dos procedimentos de ensaio de potencial de corrosão



Fonte: Elaborado pelos Autores – baseado na ASTM C – 876:2009

De acordo com a norma ASTM C – 876 os dados oriundos deste ensaio podem ser apresentados por meio de um mapa de contorno equipotencial ou um gráfico de distribuição de frequências acumuladas e a interpretação dos resultados dos potenciais de corrosão, das áreas analisadas, deverá ser feita da seguinte forma:

Tabela 1 - Interpretação dos resultados do ensaio de potencial de corrosão

Potenciais de corrosão	Probabilidade de ter corrosão
Mais positivos que -200mV	Menor que 10%
Entre -200mV e -350mV	Atividade de corrosão incerta
Mais negativos que -350mV	Maior que 90%

Fonte: ASTM C – 876 (2009)

No relatório final deverá conter os seguintes itens:

- Tipo de célula utilizada, caso não seja o sulfato de cobre;
- A temperatura durante o teste;
- O método de umidificação empregado;
- O mapa de contorno ou gráfico de distribuição de frequências acumuladas;
- Porcentagem menor que -350mV;
- Porcentagem maior que -200 mV.

2.3.2 Ensaio de carbonatação

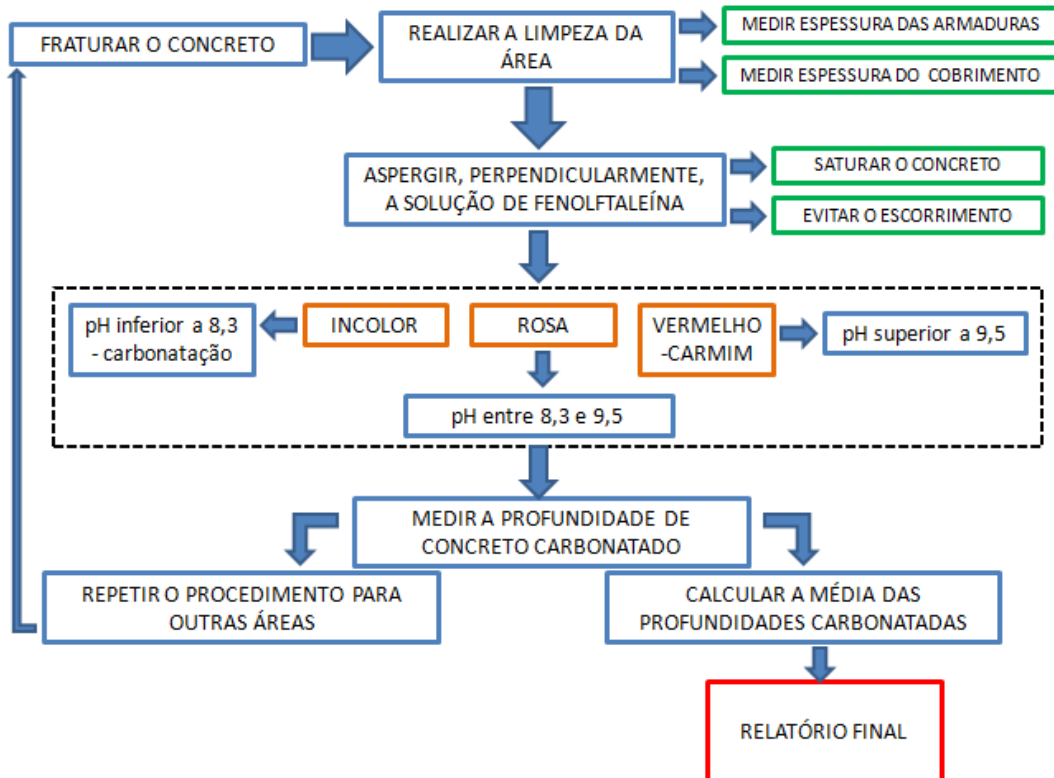
O ensaio para determinação da profundidade de carbonatação em concreto endurecido, pelo método da fenolftaleína, é normatizado pela DIN EN 14630:2007. Por possibilitar a caracterização do estado de conservação de concreto armado, o ensaio de verificação da profundidade de carbonatação é muito utilizado como parâmetro para a análise da condição da estrutura.

De acordo com Moraes (2012) o ensaio é realizado com a aspersão de uma solução indicadora de Ph sobre a superfície de concreto a ser analisada, essa solução é geralmente composta de fenolftaleína, substância que quando em contato com uma superfície de concreto com Ph adequado apresenta uma coloração rosada, já na superfície onde está havendo perda de alcalinidade a substância não modifica sua cor, permanecendo incolor, indicando assim a frente de carbonatação da estrutura investigada. A norma DIN EN 14630 (2007) recomenda que a solução de fenolftaleína seja aspergida perpendicularmente à área examinada, até saturar o concreto.

ARAÚJO e PANOSSIAN (2011) apontam que a solução de fenolftaleína, normalmente, é composta de 1g de fenolftaleína dissolvida em 50ml de álcool etílico. Após a diluição deve-se acrescentar água destilada até completar 100 ml.

Para execução deste ensaio são necessários os seguintes materiais: berbequim com percussão, martelo e escopro, aspersor, régua graduada em milímetros e a solução alcoólica de fenolftaleína. As etapas de realização do ensaio podem ser visualizadas no fluxograma abaixo.

Figura 5 – Fluxograma dos procedimentos de ensaio frente de carbonatação



Fonte: Elaborado pelos Autores – baseado em Araújo e Panossian (2011) e na DIN EN 14630 (2007)

3 METODOLOGIA

Durante a elaboração do artigo, foi realizada uma revisão bibliográfica e utilizadas como base as normas ASTM C – 876 e DIN EN 14630 para a descrição dos ensaios abordados, consultando também materiais auxiliares como livros, artigos científicos internacionais, trabalhos acadêmicos e publicações de revistas buscadas nos repositórios de universidades e utilizadas como fonte de informações complementares.

4 CONCLUSÕES

O uso de técnicas não destrutivas torna-se uma alternativa eficaz para diagnosticar, prevenir e apresentar uma possível solução para os problemas de corrosão em armaduras. Dessa forma, o ensaio de potencial de corrosão é bastante útil para localizar áreas com armaduras no estado de corrosão ativa. No entanto, para resultados mais precisos, faz-se necessário a complementação da avaliação com ensaios de carbonatação e teor de íons de cloreto solúveis, além do exame visual da armadura. Verificou-se que diversos são os fatores que contribuem para o surgimento desses problemas, dentre eles pode-se citar o fator água/cimento e o tempo de cura, que influenciam na porosidade do concreto, facilitando a penetração dos gases e aumentando a profundidade de carbonatação, e a concentração de CO₂ e a temperatura, que interferem na velocidade das reações ocasionando a aceleração do processo de carbonatação. Portanto, para garantir a durabilidade e prolongar a vida útil de estruturas de concreto, é necessário realizar os ensaios desde as fases preliminares, atender o grau de hidratação do concreto, utilizar o cobrimento ideal para proteger a armadura e evitar a sua oxidação. Além disso, a análise

contínua das estruturas de concreto armado, através da associação dos métodos de ensaios abordados neste trabalho, possibilitam o conhecimento mais aprofundado das causas das manifestações patológicas e podem reduzir significativamente os custos com manutenção e reparos futuros.

REFERÊNCIAS

- POLITO, Giuliano. **Corrosão em estruturas de concreto armado: Causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. 2006. 191 f. TCC (Pós-Graduação) - Curso de Especialização em Avaliação e Perícia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- CASCUDO, Osvaldo. **O Controle da Corrosão de Armaduras em Concreto**. 1ª ed. Goiânia: PINI e UFG, 1997.
- CARMONA, Antonio; HELENE, Paulo. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 1992. 104 p.
- HELENE, Paulo Roberto Lago. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.
- SILVA, Sidney José Honório da. **Análise de estruturas de concreto armado sujeitas à corrosão de armadura por cloretos através do método dos elementos finitos**. 2003. 171 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- NUNES, Douglas Garcez. **Carbonatação acelerada em concretos compostos com cinza de casca de arroz de diferentes teores de carbono grafítico**. 2014. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- CASCUDO, O.; CARASEK, H. **Ações da carbonatação no concreto**. In: ISAIA, G. C. (Cord.) **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1ª ed. São Paulo. IBRACON, v 1, p 849-885, 2011.
- HELENE, P. R. do L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**, Tese de Docente, Poli-SP, 1993.
- KULAKOWSKI, Marlova Piva. **Contribuição ao estudo de carbonatação em concreto e argamassas compostos com adição de sílica ativa**. 2002. 199 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- NEVILLE, Adam M.. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. São Paulo: Bookman Cia Editora Ltda., 2016. 912 p.
- BARREIRA, E.; FREITAS, V. P. **Infrared thermography applications in the study of building hygrothermal behaviour**. CIB W40 Meeting, Caledonian University, Glasgow, 2004.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM C 876: Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Steel in Concrete**. ASTM International, 1999. 6p.
- HELAL, J.; SOFI, M.; MENDIS, P. **Non-Destructive Testing of Concrete: A Review of Methods**. *Electronic Journal of Structural Engineering*, v.14, p. 97-105, 2015.
- DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN EN 14630: **Products and systems for the protection and repair of concrete, structures – Test methods –**

determination of carbonation depth in hardened concrete by the phenolphthalein method, English version, DIN. Berlin, 2007. 10 p.

MORAES, Ana Carolina Lamego. **Recorrência de patologias em processos de ataque via cloreto em concreto armado**. 2012. 230 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

ARAÚJO, Adriana de; PANOSSIAN, Zehbour. **Inspeção rotineira de estruturas de concreto armado expostas a atmosferas agressivas**. Técnica, São Paulo, n. 177, p.58-64, dez. 2011.