

## UM ESTUDO SOBRE A DESPASSIVAÇÃO DA ARMADURA COM ÊNFASE NA CAUSADA POR CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

Rafael Ferreira Fialho<sup>1</sup>

Bruno Henrique Seibt<sup>2</sup>

Ms. Selma Araújo Carrijo<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente estudo trará como assunto principal o processo e os fatores que geram a carbonatação do concreto. Que inicialmente não é um problema, porém causa a despassivação da armadura de concreto armado, uma patologia bastante conhecida e recorrente. Existem diversos estudos sobre este fenômeno, mas ainda não sabemos tudo sobre ele. O trabalho realizado tem o intuito de entender de maneira correta e coerente tal processo, partindo da premissa de que o conhecimento é a melhor maneira de evitar danos e perdas por patologias. A metodologia utilizada será a revisão bibliográfica, analisando o que vários estudiosos concluíram sobre o tema. Ao final pôde-se ver que a bibliografia trata do assunto de forma bastante semelhante, deixando evidente o processo e os mecanismos causadores da carbonatação. Compreendendo esses fatores espera-se melhorar as práticas tanto na execução, assim quanto aos materiais, para assim, minorar a ocorrência e o alcance dessa patologia.

**Palavras-chave:** Corrosão; Patologia; Proteção passiva.

### INTRODUÇÃO

Apesar do concreto oferecer duas camadas de proteção, não se pode dizer que o aço está totalmente seguro, estaria se fosse em perfeitas condições de execução e utilização, mas essa realidade não se aplica a todas as estruturas de concreto armado. A barreira física, é a primeira camada de proteção, impedindo o contato dos agentes externos. Além de uma camada chamada de passiva que protege quimicamente o aço. Gentil (2003) diz que a armadura está protegida, quando usada em concreto, devido à alta alcalinidade e ação isolante do concreto.

<sup>1</sup> Discente do 10º período de Engenharia Civil do Centro Universitário de Mineiros; rafaelfialho2011@hotmail.com

<sup>2</sup> Discente do 10º período de Engenharia Civil do Centro Universitário de Mineiros.

<sup>3</sup> Docente no centro universitário de Mineiros.

A durabilidade das estruturas nem sempre foi um problema, de certa forma a robustez com que eram dimensionadas, mitigavam a ação das patologias, e conseqüentemente sua deterioração. Com a melhoria dos processos de dimensionamento, pôde-se criar estruturas mais esbeltas, poupando materiais desnecessários, e ainda assim mantendo a segurança. Isso gerou a necessidade de maiores cuidados com a deterioração e a durabilidade dessas estruturas. Pode parecer estranho, mas elementos de concreto necessitam de manutenção e reparos periodicamente.

A falta de manutenção, associado a outros fatores, traz a deterioração prematura das estruturas de concreto armado. Quando na pior das hipóteses pode causar mortes, mas na grande maioria, a diminuição do tempo de vida das estruturas é tratada no campo econômico, uma vez que as perdas envolvendo a reconstrução, e o transtorno em perder uma edificação (prédios do governo, Hidrelétricas, viadutos, tuneis e etc.) trazem prejuízos enormes.

## BARREIRA FÍSICA E QUÍMICA

Ao se falar da barreira química existe uma concordância entre diversos autores, em dizer que o elevado pH da pasta de concreto impede que agentes oxidantes atuem na armadura. Tendo em vista a existência de outros fatores, o pH é considerado o principal deles.

Proteção química se deve, a natureza alcalina da solução dos poros, responsável por manter a armadura na condição de passividade enquanto o concreto apresentar uma qualidade adequada, sem fissurar ou sofrer a ação de agentes agressivos externos. O hidróxido de cálcio formado na hidratação dos silicatos de cálcio ( $C_3S$  e  $C_2S$ ) e, principalmente, os hidróxidos de sódio e potássio, originários dos álcalis do cimento, conferem ao concreto um pH alcalino, o qual mantem-se na faixa de 12,5 a 13,5. (VIEIRA. 2003).

“A elevada alcalinidade da solução aquosa dos poros do concreto favorece a formação e manutenção de um filme óxido, aderente a superfície do aço, que evita a dissolução anódica dos íons ferrosos e, portanto, passiva o aço” (FARIAS; TEZUKA, 1992).

A diminuição no pH do concreto, leva a dissolução da película protetora, permitindo assim a despassivação do aço, ou seja, tornando-o vulnerável ao processo corrosivo, ocorrendo caso haja umidade no interior da peça, diferença de potencial, ou agentes agressivos à armadura, como dióxido de carbono e oxigênio.

Quanto a barreira física, entende-se como sendo o revestimento da armadura que a protege de um contato direto com o meio externo, desde que bem executada. Na literatura encontra-se teorias diferentes sobre como a barreira física atua protegendo a armadura, porém, algumas características são consideradas essenciais, bom dimensionamento, cumprimento das normas, execução e materiais utilizados.

Page e Treadaway *apud* Castro et al. (1998), relacionam a importância da barreira física com a manutenção e preservação da alcalinidade que mantém a armadura passiva, justificados pelo fato do concreto muitas vezes apresentar fissuras e poros que prejudicam o papel de barreira física.

Enquanto Helene (1993) discorda, dizendo que um revestimento bem executado garante por impermeabilidade o acesso de agentes corrosivos, incluindo água e oxigênio.

## **A CARBONATAÇÃO COMO AGENTE DESPASSIVADOR DA ARMADURA**

A carbonatação propriamente dita não agride de nenhuma maneira o concreto, porém o deixa vulnerável à ação de agentes corrosivos. Para a ABNT NBR: 6118:2014 a despassivação por carbonatação é a ação do gás carbônico da atmosfera sobre o aço da armadura.

Apesar de ser uma patologia com alto índice de ocorrência, ela depende de diversos fatores como a umidade presente nos poros, a própria rede de poros, e curiosamente, o fechamento dos poros, causado pelo início do processo de carbonatação.

Caso a obstrução dos poros aconteça nas camadas superficiais, a carbonatação não terá efeito depreciativo, pois com o tempo a tendência é que se obstrua cada vez mais os poros do concreto. Quando o carbonato de cálcio, insolúvel, deposita-se nos poros do concreto, vedando-os, a carbonatação é benéfica para a durabilidade do concreto. (GENTIL, 2003).

Muitos autores descrevem as fórmulas que integram o processo, com quase nenhuma diferença, apenas uns são mais completos que outros, porém, o mesmo resultado.

Para Cascudo (1997), o fator determinante é a reação que se dá pela ação do dióxido de carbono com os produtos resultantes da hidratação da pasta, a uma velocidade lenta, atenuando-se com o tempo. E explica que a diminuição da velocidade de propagação acontece por que o  $\text{CaCO}_3$ , resultante da reação de carbonatação, obstruem os poros da camada mais externa do revestimento e diminuem a entrada de dióxido de carbono, conseqüentemente diminuindo a propagação da carbonatação.

Browne *apud* Farias e Tezuka (1992), descreve o processo como:

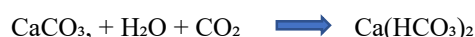
[...] um fenômeno químico que ocorre na superfície do concreto e prossegue durante anos para o interior do concreto”. O hidróxido de cálcio, que é liberado na hidratação do cimento, combina-se com o gás carbônico do ar atmosférico para formar água e o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) insolúvel em água, que se deposita nos poros do concreto, fechando-os. (BROWNE *apud* FARIAS; TEZUKA, 1992).

Completando o que se entende do processo químico, Gentil (2003) traz mais informações, e explica porque não é sempre que o carbonato de cálcio fecha os poros do concreto, ele diz:

O dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , existente no ar ou em águas agressivas, pode se combinar com o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , formando o carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , insolúvel:



diminuindo o valor do pH para 8,5-9, conseqüentemente a passivação do aço. Se houver excesso de  $\text{CO}_2$ , como no caso de águas agressivas, pode-se ter a reação, com formação de bicarbonato de cálcio,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , solúvel:



que explica a maior deterioração do concreto, pois a solubilidade do bicarbonato de cálcio é bem maior:

$\text{CaCO}_3$ : 13 mg/l;  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ : 1,890 mg/l. (GENTIL, 2003).

Farias e Tezuka (1992) destacam os principais fatores controladores do processo, são eles: concentração de dióxido de carbono; permeabilidade do revestimento; teor de umidade do revestimento; temperatura e capacidade reativa do concreto com o CO<sub>2</sub>.

## CONSEQUÊNCIAS DA CARBONATAÇÃO À ESTRUTURA

Após a despassivação, a única camada que ainda protege o aço, é o concreto. Segundo Gentil (2003) a barreira física proporcionada pelo revestimento de concreto impede a entrada de oxigênio e água, os atores fundamentais para a corrosão do aço.

Independente do fenômeno que tenha despassivado a armadura, conforme Helene (1993) explica, a corrosão se dá por um processo eletroquímico, desde que os elementos necessários estejam presentes, sendo eles oxigênio, um eletrólito e diferença de potencial.

Considerando uma peça em boas condições estéticas e estruturais, a despassivação não causará problemas, Farias e Tezuka (1992) ressalta que quando não ocorre a formação ou quando o filme de passivação é enfraquecido e destruído, pode haver a corrosão. Isso diz que a corrosão acontecerá devido a outros fatores, e se eles estiverem presentes.

O grande fator que potencializa a deterioração após a armadura estar despassivada, é a condição física/mecânica da camada de revestimento. A presença de trincas, fissuras e porosidade na peça, permite a entrada dos agentes que então iniciarão o processo de corrosão do aço. Processo este que após iniciado pode causar colapso da estrutura.

A formação de uma célula eletroquímica ou célula de corrosão depende da existência de quatro componentes. Um ânodo, onde ocorre a reação de oxidação ou dissolução; um cátodo onde ocorre a reação de redução; um condutor metálico, onde a corrente elétrica é um fluxo de elétrons; um eletrólito, onde a corrente é um fluxo de íons num meio aquoso. (FARIAS; TEZUKA, 1992)

Desta forma os ânodos e cátodos surgem da diferença de potencial na armadura. O aço serve como o condutor metálico. O eletrólito é própria umidade e demais componentes

liberados durante a carbonatação, que conduz os íons entre o meio aquoso e a armadura. O fluxo de elétrons e íons representa diretamente a corrosão do aço.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pôde-se concluir diante da literatura estudada, que a patologia aqui tratada, é mais comum do que se imagina, e ainda hoje não se sabe tudo sobre o processo da carbonatação, e da película passiva. Mas o que sabemos é que seus efeitos existem e ainda há muito a ser estudado sobre o assunto. Ainda assim realizamos nosso objetivo de esclarecer o processo da carbonatação, seus mecanismos, os cuidados necessários e os agentes atuantes. Com isso espera-se contribuir para a prevenção de novas ocorrências, e mitigar possíveis perdas, tanto financeiras quanto vidas humanas.

## REFERÊNCIAS

FARIAS, Roberto F. DOS S.; TEZUKA, Yazuko. **Corrosão das armaduras de concreto: mecanismos e controle**. 1992. Dissertação (mestrado em engenharia de estruturas). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3.ed. Rio de Janeiro, RJ, 2003.

ALMEIDA, Ricardo S. Patologia na Construção Civil. **Revista especialize on-line IPOG**. Goiânia - Go, 2017.

VIEIRA, Fernanda M. P. **Contribuição ao Estudo da Corrosão de Armaduras em Concreto com Adição de Sílica Ativa**. 2003. Tese (doutorado em engenharia). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HELENE, Paulo R. do L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. Tese (livre docência). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CASTRO, Pedro B. et al.; **Corrosión en estructuras de concreto armado:** Teoría, inspección, diagnóstico, vida útil y reparaciones. México: Instituto Mexicano Del Cemento y Del Concreto, 1998.

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto:** Inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo: Ed. Pini; Goiânia: UFG, 1997.

CARMONA, T.C. **Modelos de Previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação.** 1994. Dissertação (mestrado em engenharia). São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.