

ENSAIO DE CARBONATAÇÃO NOS PILARES DO CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE – UNI-RN

Juliana Rodrigues Siqueira¹
Fábio Sergio da Costa Pereira²

RESUMO

Em ambientes urbanos o concreto está exposto à alta concentração de gás carbônico que penetra nos poros do concreto e diminui sua resistência, avança até as armaduras onde causa corrosão. Em virtude disso, para evitar transtornos para o construtor e para o proprietário, este trabalho tem como objetivo apresentar a descrição da metodologia executiva do ensaio não-destrutivo existente e os resultados obtidos no ensaio não-destrutivo realizados *in-loco* em pilares de concreto armado do Centro Universitário do Rio Grande do Norte. Este ensaio serve para identificar as causas das patologias existentes e direcionar os serviços de recuperação estrutural e/ou reforço estrutural a serem executados, contribuindo assim tanto para evitar danos nas estruturas como para identificar problemas ainda no estágio inicial da construção gerando um custo inferior aos serviços de recuperação estrutural a serem realizados ou a não necessidade da realização dos mesmos, sem causar danos (destruição) aos materiais analisados, fato este importantíssimo principalmente nos elementos estruturais (pilares, vigas e lajes). O ensaio realizado neste trabalho foi: Presença de carbonatação. Foi realizado um estudo de caso como modelo para execução visando a melhoria do estado das estruturas de concreto armado, bem como a diminuição das patologias nas edificações e ocorrência de colapsos estruturais. Após a análise dos resultados do ensaio não-destrutivo realizado, e exames visuais *in-loco*, ao aplicar a fenolftaleína foi evidenciado que todos os pilares das estruturas do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), apresentam carbonatação, devendo-se iniciar o projeto de recuperação e reforço, devido a existência de corrosão com ou sem perda de seção das armaduras, apresentando contaminação por carbonatação, realizando a seguinte metodologia executiva nos serviços: remoção do concreto desagregado com liberação das armaduras com corrosão, aplicação de um hidro jateamento de areia nas armaduras com corrosão para sua limpeza, aplicação de pintura de zinco nas armaduras antigas, aplicação de grout tixotrópico, aplicação de uma argamassa de cimento e areia no traço 1:3 para recomposição das seções e aplicação de uma argamassa polimérica externa visando o aumento da durabilidade e vida útil. Caso exista situação de perda de seção superior a 10% em alguma armadura principal ou de estribo nos pilares, deverá se proceder o reforço estrutural com introdução de nova armadura com mesmo diâmetro e comprimento, sendo a mesma ancorada no bloco de fundação, substituindo-se o grout tixotrópico pelo grout expansivo, com a introdução de formas metálicas.

Palavra-chave: Carbonatação. Fenolftaleína. Corrosão.

-
- 1 Engenheira Civil pelo Centro Universitário do Rio Grande do Norte: UNI-RN. Endereço para acessar CV: <http://lattes.cnpq.br/1736853288192968>.
 - 2 Docente PhD. do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Rio Grande do Norte: UNI-RN. Email: <engecal.fabio@gmail.com>. Endereço para acessar CV: <http://lattes.cnpq.br/6695109770318583>.

CARBONATING TEST IN THE PILLARS OF THE CENTRO UNIVERSITARIO DO RIO GRANDE DO NORTE – UNI-RN

ABSTRACT

In urban environments the concrete is exposed to the high concentration of carbon dioxide that penetrates the pores of the concrete and decreases its resistance, it advances to the reinforcement where it causes corrosion. Therefore, in order to avoid disturbances for the constructor and the owner, this work aims to present the description of the executive methodology of the existing non-destructive test and the results obtained in the non-destructive test performed in place on reinforced concrete pillars of the Centro Universitário do Rio Grande do Norte. This assay serves to identify the causes of the existing pathologies and to direct the structural recovery and / or structural reinforcement services to be executed, thus contributing both to avoiding structural damage and to identify problems still in the initial stage of construction, generating a lower cost to the services (destruction) of the materials analyzed, a fact that is very important, especially in the structural elements (pillars, beams and slabs). The experiment carried out in this work was: Presence of carbonation. A case study was carried out as a model for execution aiming at the improvement of the state of the reinforced concrete structures, as well as the reduction of the pathologies in the buildings and the occurrence of structural collapses. After an analysis of the results, the analysis of non-destructive tests was performed, and the visual tests in loco, unlike a phenolphthalein analysis was evidenced in all pillars of the structures of the Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI -RN). This is the project of recovery and reinforcement, having contamination of corrosion with non-loss of section of the, having contamination of carbonation, realizing the following transportation executable in services: removed of the concrete disaggregated with part of the armor with corrosion, application of a sandblasting in corrosion-proof reinforcements, zinc paint applications in old reinforcement, thixotropic mortar applications, 1: 3 cement and sand mortar applications for the recomposition of polymer mortar surfaces and applications. probability of growth and useful life. If there is a possibility of sectioning more than 10% in some main reinforcement or stapes in the abutments, the reinforcement must be reinforced with the new reinforcement of the same diameter and length, being anchored in the foundation block, replacing the thixotropic grout by the expansive grout, with the introduction of metallic forms.

Keywords: Carbonation. Phenolphthalein. Corrosion

1 INTRODUÇÃO

O avanço no conhecimento sobre os mecanismos de transporte de líquidos e de gases agressivos nos meios porosos como o concreto tem proporcionado uma evolução nos estudos sobre durabilidade das estruturas de concreto armado, possibilitando associar o tempo aos modelos matemáticos que expressam quantitativamente esses mecanismos. Consequentemente, passou a ser viável a avaliação da vida útil expressa em número de 27 anos e não mais em critérios apenas qualitativos de adequação da estrutura a certo grau de exposição.

Esse pode ser considerado um grande avanço na área de vida útil de estruturas de concreto armado. Porém, apesar de muitos modelos com essa finalidade estarem disponíveis atualmente, suas validações a partir de comparações com resultados de campo precisam ser realizadas e são mais demoradas por envolverem monitoramento de estruturas em condições reais de utilização, cuja degradação é relativamente lenta.

Segundo Matos (1997), os aspectos mais relevantes de durabilidade envolvem investigações sobre as condições da armadura (se passivada ou não), sobre as condições de carbonatação do concreto, sobre a presença de agentes agressivos tais como cloretos e sulfatos no concreto e sobre a eventual presença de agregados reativos. Uma inspeção preliminar e, posteriormente, uma inspeção detalhada fazem parte de uma avaliação sistemática do problema de corrosão das armaduras. A primeira é constituída de um exame visual para caracterizar todos os sintomas, assim como de uma série de pequenos ensaios que permitam abalizar o problema e preparar um plano mais detalhado para desenvolver uma inspeção pormenorizada. A inspeção detalhada tem por objetivo quantificar a extensão da deterioração e caracterizar os elementos da estrutura; seu desenvolvimento exige uma ampla campanha de ensaios.

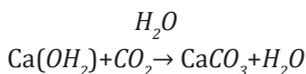
2 AÇÃO DA CARBONATAÇÃO

2.1 CARBONATAÇÃO

Geralmente a carbonatação do concreto é a condição essencial para o início da corrosão das armaduras. Nas superfícies expostas das

estruturas de concreto, a alta alcalinidade, obtida principalmente às custas da presença de $\text{Ca}(\text{OH}_2)$ liberado das reações de hidratação do cimento, pode ser reduzida com o tempo. Esta redução ocorre essencialmente pela ação do CO_2 do ar, além de outros gases ácidos tais como SO_2 , H_2S . Esse processo é chamado de carbonatação e, felizmente, dá-se a uma velocidade lenta, atenuando-se com o tempo. Isto pode ser explicado pela hidratação crescente do cimento, além dos próprios produtos da reação de carbonatação (CaCO_3) que colatam os poros superficiais, dificultando cada vez mais o acesso de CO_2 presente no ar, ao interior do concreto. Sua reação básica simplificada, é a seguinte:

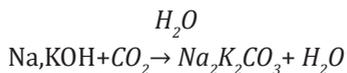
Equação 1 – Carbonatação Simplificada



Fonte: Matos (1997).

Embora possam ocorrer reações do tipo:

Equação 2 – Carbonatação Simplificada



Fonte: Matos (1997).

As equações 01 e 02 são simplificadas; na verdade o processo ocorre em várias etapas envolvendo diversas reações secundárias, embora seja certo que um dos produtos finais seja sempre o carbonato de cálcio (CaCO_3) segundo Schiessl citado por Nogueira. Tendo em vista o Ph de precipitação do CaCO_3 ser da ordem de 9,4 (à temperatura ambiente), tem-se com isto uma alteração substancial das condições de estabilidade química da película passivadora do aço, muitos autores têm proposto um valor crítico de Ph entre 11,5 e 11,8, abaixo do qual não se assegura a manutenção da passivação do aço, embora já tenham sido registrados, sob certas condições, valores inferiores de Ph, sem que tenha havido quebra de passivação.

Uma característica do processo de carbonatação é a existência de uma “frente” de avanço do processo, que separa duas zonas com Ph muito diferentes. Uma com ph menor que 9 (carbonatada) e outra com ph maior que 12 (não carbonatada). Ela é comumente conhecida por frente de carbonatação e deve sempre ser mensurada com relação à espessura do concreto de cobrimento da armadura. É importante que essa frente não atinja a armadura, sob pena de despassivá-la. A (figura 1), mostra um esquema simplificado do processo de carbonatação.

Embora não válida para todos os casos, a velocidade de carbonatação em geral pode ser modelada por uma lei parabólica, de acordo com a equação 3.

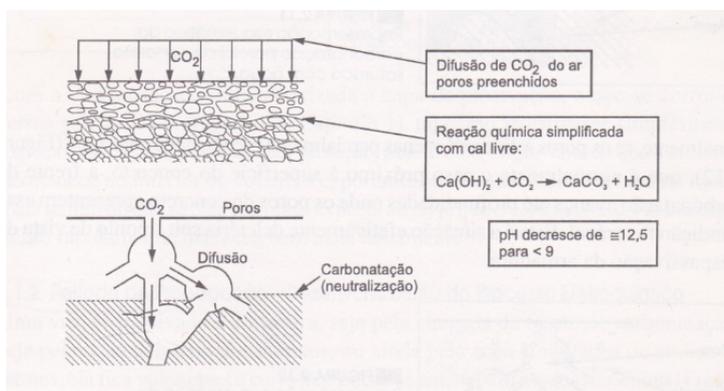
Equação 3 – Lei Parabólica

$$e = k * \sqrt{t}$$

Fonte: Matos (1997).

Onde: e= espessura ou profundidade carbonatada, geralmente em mm;
k= coeficiente de carbonatação, depende da difusividade do, geralmente em mm.ano;
t= tempo de exposição geralmente em anos.

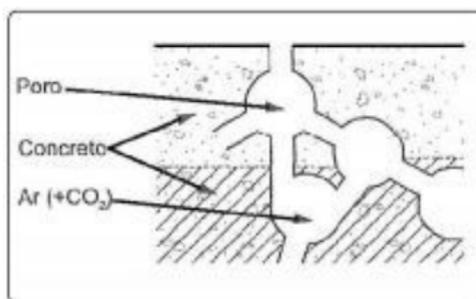
Figura 1 – Representação esquemática do processo de carbonatação



Fonte: Matos (1997).

É importante registrar, segundo Bakker, que existe uma grande diferença entre taxas de difusão de CO_2 no ar e na água (na água é cerca de 10^4 vezes mais baixa). Devido ao concreto ser um material microporoso, a penetração de CO_2 será determinada pela forma da estrutura do poro e se os poros do concreto são preenchidos por água ou não. Se os poros estiverem secos (Figura 2), o CO_2 se difundirá no interior deles, mas a carbonatação não ocorrerá pela falta de água. Isto é o caso, na prática, de um concreto seco em estufa.

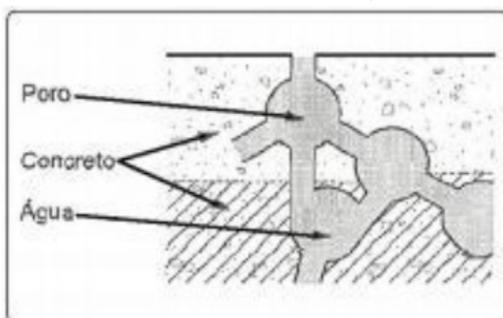
Figura 2 – Representação esquemática de carbonatação parcial do concreto, com poros totalmente secos.



Fonte: Matos (1997).

Se os poros estiverem preenchidos com água (Figura 3), não haverá quase carbonatação, devido à baixa taxa de difusão do na água.

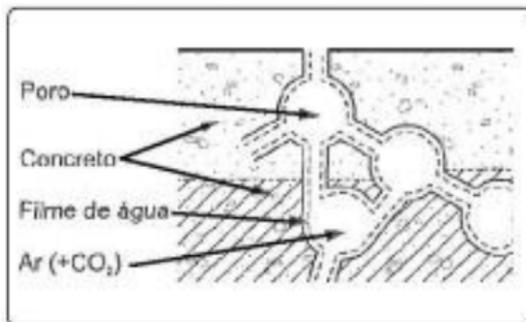
Figura 3 – Representação esquemática da carbonatação parcial do concreto saturado com água.



Fonte: Matos (1997).

Finalmente, se os poros estiverem apenas parcialmente preenchidos com água (Figura 4), que é normalmente o caso próximo à superfície do concreto, a frente de carbonatação avança até profundidades onde os poros do concreto apresentem essa condição favorável. Esta é a situação efetivamente deletéria sob o ponto de vista da despassivação da armadura.

Figura 4 – Representação esquemática de carbonatação parcial do concreto com poros parcialmente preenchidos com água (Concreto com U.R. normal do ambiente).



Fonte: Matos (1997).

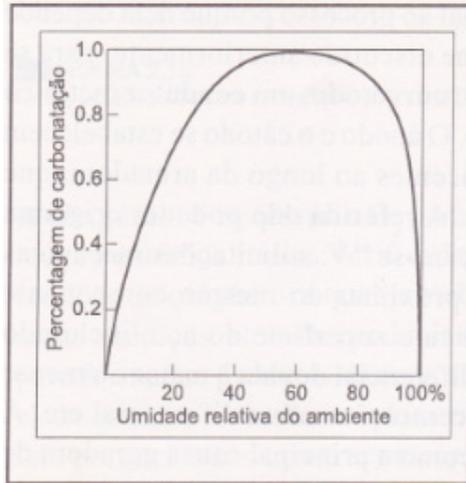
A (Figura 5), De acordo com a revista Alcoonpat e Venuat citado por Rosenberg et al. sintetiza a discussão anterior, mostrando a variação da carbonatação com a alteração da umidade relativa do ambiente.

Em suma, a carbonatação é dependente de fatores como:

- Técnicas construtivas: transporte, lançamento, adensamento e cura do concreto;
- Condições ambientais (atmosferas rurais, industriais ou urbanas);
- Tipo de cimento; e
- Umidade do ambiente.

E ela será tanto maior quanto maior for a relação água/cimento

Figura 6 – Grau de carbonatação em função da umidade relativa do ambiente.



Fonte: Matos (1997).

Com a carbonatação, descaracterizada a capa de passivação, o aço se corrói de forma generalizada, tal como se estivesse simplesmente exposto à atmosfera sem qualquer proteção, porém com o agravante de que a umidade permanece no interior do concreto e, portanto, em contato com a armadura muito mais tempo do que se esta estivesse exposta ao ar, já que o concreto absorve umidade muito rapidamente, mas seca bem mais lentamente.

2.2 AVALIAÇÃO DA CARBONATAÇÃO

A avaliação da carbonatação do concreto mediante aspersão de indicadores parece ser suficientemente satisfatória para uma análise consistente do fenômeno, além de que a praticidade relacionada à sua aplicação faz dela um procedimento constante nas inspeções das estruturas de concreto.

A timolftaleína, por ter um pH de modificação teórico aproximadamente igual a 10,5, deve ser preferida em relação à fenolftaleína (pH de “viragem” igual a 9,5), isto porque com um pH de 10,5 não se assegura em sua plenitude a estabilidade dos óxidos de ferro passivos que garantem a

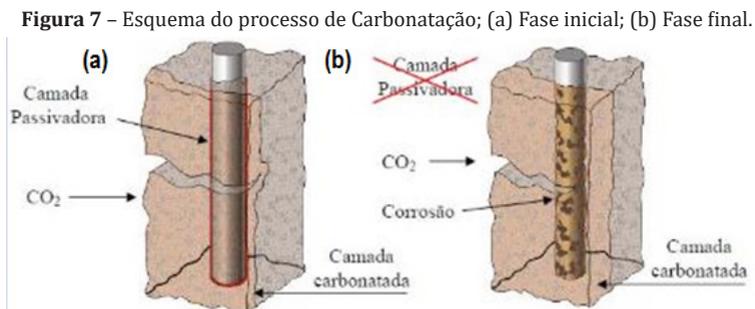
proteção química da armadura. Sendo assim, ao se usar exclusivamente a fenolftaleína, poder-se-ia ter uma situação de início de despassivação das armaduras com um ph em torno de 10-10,5, que, entretanto, não seria acusado pelo indicador, o qual ainda exoria a cor vermelha carmim característica de ph superior a 9,5.

É importante ainda ressaltar sobre as medidas de carbonatação, que a relação entre a espessura carbonatada e a espessura de revestimento é o parâmetro que efetivamente deve ser inferido, não devendo ele nunca ser igual ou superior a um, sob pena da frente de carbonatação ter atingido a armadura e de se ter uma despassivação iminente ou mesmo já ocorrida. A magnitude da espessura carbonatada, tomada isoladamente, não tem um significado consistente, caso não se tenha a referência da espessura do revestimento.

3 ENSAIO DE CARBONATAÇÃO

O processo de carbonatação do concreto é resultado de uma reação química que altera o PH do material e pode reduzir a durabilidade da estrutura. O composto químico que desencadeia o fenômeno da carbonatação quando o concreto está exposto a alta concentração é o gás carbônico isso ocorre quando o CO₂ da atmosfera penetra no concreto e reage com a umidade e a temperatura ambiente. Com isto ocorre a corrosão generalizada.

Para evitar corrosão no concreto e nas armaduras é necessária a introdução de uma camada passivadora ou protetora, como mostra a (figura 7).



Fonte: Tula (2000).

As condições ambientais concentram alto teor de CO₂, aumentando as chances de ataque ao concreto. Como também o traço do concreto com alteração no fator água/cimento resultam em concretos porosos e por isso aumentam as chances de difusão de CO₂ nos poros. Um concreto com baixa permeabilidade ao compactar, dificultará a entrada de agentes agressivos.

Os danos causados são vários como: fissuração do concreto, descolamento do recobrimento do aço, redução da seção da armadura e perda de aderência desta com o concreto.

Para aberturas de fissuras maiores que 0,4 mm, segundo Souza e Ripper (1998), a carbonatação é acelerada e ruma diretamente às barras da armadura. Portanto, pode-se concluir que se o concreto estiver totalmente saturado, não haverá carbonatação, dado que a propagação do dióxido de carbono se dá através dos poros do concreto.

3.1 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O ensaio de carbonatação é um ensaio simples sendo um bom indicador de corrosão, tendo um custo acessível, variando seu resultado de acordo com a qualidade do concreto e a exposição a umidade. O indicador utilizado para o experimento é a fenolftaleína que é aplicada no concreto. Após a sua aplicação se a superfície do concreto ficar com coloração rosa ele não apresenta carbonatação, ou seja, despassivação da alcalinidade do concreto. Após a sua aplicação se a superfície do concreto ficar incolor ele tem carbonatação, ou seja, ocorreu a despassivação da alcalinidade do concreto.

A fenolftaleína é um indicador de Ph normalmente apresenta-se como um sólido em pó branco ou em solução alcoólica como um líquido incolor. Utilizada frequentemente em titulações, na forma de soluções alcalinas, mantém-se incolor em soluções ácidas e torna-se cor de rosa em soluções básicas (WIKIPÉDIA, 2017).

A fenolftaleína utilizada na realização dos ensaios de carbonatação, foi a fenolftaleína (1%), solução Alcoólica da marca Synth, possuindo 1000 ml de solução.

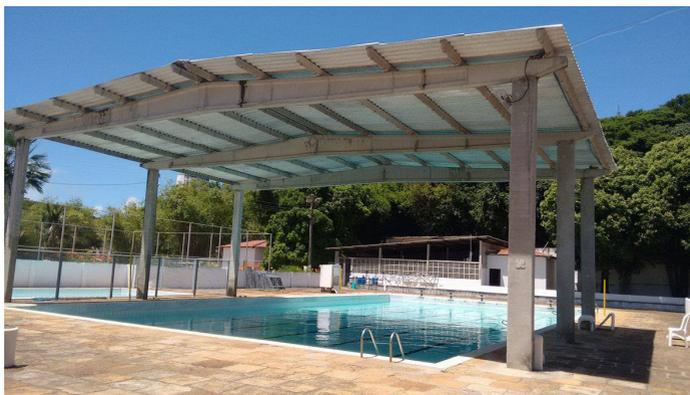
3.2 NORMA TÉCNICA

RILEM CPC-18 – Profundidade de Carbonatação

4. ESTUDO DE CASO

4.1 ESTUDO DE CASO 1 – PISCINA DA ESCOLA DOMÉSTICA (ED)

Figura 8 – Vista da piscina da escola doméstica (ED).



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo (2016).

Ensaio de Carbonatação

Pilar 01 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 02 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 03 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 04 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 05 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 06 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

4. 2 ESTUDO DE CASO 2 – GINÁSIO DE INTEGRAÇÃO

Figura 9 – Vista do Ginásio de Integração UNI-RN.



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo(2016).

Ensaio de Carbonatação

Pilar 01 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 02 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 03 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 04 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 05 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 07 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 08 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 09 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 10 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 11 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

4.3 ESTUDO DE CASO 3 – GINÁSIO POLIVALENTE 1

Figura 10 – Vista do Ginásio Polivalente 1 do UNI-RN.



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo (2016).

Ensaio de Carbonatação

Pilar 01 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 02 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação

4.4 ESTUDO DE CASO 4 – GINÁSIO POLIVALENTE 2

Figura 11 – Vista do Ginásio Polivalente 2 do UNI-RN.



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo (2016).

Pilar 01 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 02 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 03 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 04 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 05 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 06 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 07 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 08 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

4.5 ESTUDO DE CASO 5 – RESERVATÓRIO SUPERIOR

Figura 12 – Vista do reservatório superior



Fonte: Elaborado pelos autores para o artigo (2016).

Ensaio de carbonatação

Pilar 01 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 02 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 03 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 04 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 05 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

Pilar 06 - Foi aplicado fenolftaleína no pilar com concreto exposto, observou-se que ele ficou Incolor, ou seja, apresenta carbonatação.

5 CONCLUSÃO

ESTUDO DE CASO 1 – PISCINA DA ESCOLA DOMÉSTICA (ED)

Ensaio de carbonatação – foram analisados 6 pilares, ao aplicar fenolftaleína, todos os pilares ficaram incolor, apresentando presença de carbonatação.

ESTUDO DE CASO 2 – GINÁSIO DE INTEGRAÇÃO

Ensaio de carbonatação-Foram analisados 11 pilares, ao aplicar fenolftaleína todos os pilares ficaram incolor, apresentando carbonatação.

ESTUDO DE CASO 3 – GINÁSIO POLIVALENTE 1

Ensaio de carbonatação – foram analisados 2 pilares, ao aplicar fenolftaleína, todos os pilares ficaram incolor, apresentando presença de carbonatação.

ESTUDO DE CASO 4 – GINÁSIO POLIVALENTE 2

Ensaio de carbonatação – foram analisados 8 pilares, ao aplicar fenolftaleína, todos os pilares ficaram incolor, apresentando presença de carbonatação.

ESTUDO DE CASO 5 – RESERVATÓRIO SUPERIOR

Ensaio de carbonatação – foram analisados 6 pilares, ao aplicar fenoftaleína, todos os pilares ficaram incolor, apresentando presença de carbonatação.

Após a análise dos resultados dos ensaios não-destrutivos realizados, e exames visuais in-loco, foi evidenciado patologias nas estruturas analisadas, devendo-se iniciar o projeto de recuperação e reforço dos pilares das estruturas do Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), pois as mesmas necessitam de serviços de recuperação e/ou reforço estrutural, devido a existência de corrosão com ou sem perda de seção das armaduras, apresentando contaminação por carbonatação, devendo-se realizar a seguinte metodologia executiva nos serviços: remoção do concreto desagregado com liberação das armaduras com corrosão, aplicação de um hidro jateamento de areia nas armaduras com corrosão para sua limpeza, aplicação de pintura de zinco nas armaduras antigas, aplicação de grout tixotrópico, aplicação de uma argamassa de cimento e areia no traço 1:3 para recomposição das seções e aplicação de uma argamassa polimérica externa visando o aumento da durabilidade e vida útil. Caso exista situação de perda de seção superior a 10% em alguma armadura principal ou de estribo nos pilares, deverá se proceder o reforço estrutural com introdução de nova armadura com mesmo diâmetro e comprimento, sendo a mesma ancorada no bloco de fundação, substituindo-se o grout tixotrópico pelo grout expansivo, com a introdução de formas metálicas.

REFERÊNCIAS

FENOLFTALEÍNA. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2017. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Fenolftale%C3%ADna&oldid=49310564>>. Acesso em: 21 de out. 2017.

MATOS, Osvaldo Cascudo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto**: inspeção e técnicas eletroquímicas. São Paulo, Ed. Pini, 1997.

RODRIGUES, F. **Fenolftaleína**. Maringá: [s.n.], 2012.

SANTOS, A. Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação. Bahia: [s.n.], 2015.

SOUZA, V.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998.

TULA, L. S. Contribuição ao estudo da resistência à corrosão de armaduras de aço inoxidável. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.