https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.074

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO PATOLÓGICA E PROPOSTA DE INTERVENÇÃO EM PILARES DE CONCRETO ARMADO LOCALIZADOS EM AMBIENTE CONFINADO.

Douglas SAMPAIO[1]; Alyne CASTELO BRANCO[2]; Caio DIÓGENES [3];Dyaloisio ARAÚJO[4]

[1] KTEK Soluções de Engenharia, Fortaleza, Brasil, douglassampaio@alu.ufc.br
[2]UNINASSAU - Centro Universitário Mauricio de Nassau, Fortaleza, Brasil, alynecastelo3@gmail.com
[3] UFC - Universidade Federal do Ceará , Russas, Brasil, caiod.silva2@gmail.com
[4] KTEK Soluções de Engenharia, Fortaleza, Brasil, ktekengenharia@gmail.com

RESUMO

O estudo das manifestações patológicas em edificações é relevante devido a necessidade de restabelecer os parâmetros de desempenho destas, além de apresentar crescente demanda no setor da construção civil. Este trabalho dedica-se aos resultados do laudo técnico elaborado através da investigação estrutural em um condomínio localizado no bairro Cambeba em Fortaleza – CE e possui como objetivo identificar as anomalias, suas causas e explicar as etapas de execução do projeto de reabilitação dessas estruturas, embasando esses processos nas normas técnicas vigentes. A princípio realizou-se o mapeamento e levantamento das estruturas do ambiente estudado, em seguida, analisando o grau de criticidade das manifestações patológicas. Iniciando a execução pelo escoramento das estruturas com maior grau de degradação. O diagnóstico exploratório aponta o colapso de armaduras transversais e a diminuição da seção de aço por corrosão. O índice de vazios do concreto contribuiu para a manifestação do processo de carbonatação que aliado à alta umidade proveniente do ambiente, reduz o pH do concreto, ocasionando o processo corrosivo. Após a análise foi possível determinar a terapia de recuperação estrutural, elaborada para solucionar as causas das anomalias e atenuar os efeitos da corrosão.
Palavras-chave: Manifestações patológicas; elementos estruturais; recuperação estrutural.

ABSTRACT

The study of pathological manifestations in buildings is relevant due to the need to restore their performance parameters, in addition to presenting increasing demand in the civil construction sector. This work is dedicated to the results of the technical report elaborated through the structural investigation in a condominium located in the Cambeba neighborhood in Fortaleza - CE and aims to identify the anomalies, their causes and explain the stages of execution of the rehabilitation project of these structures, basing these processes in the current technical standards. At first, the mapping and survey of the structures of the studied environment was carried out, then, analyzing the degree of criticality of the pathological manifestations. Starting the execution by shoring the structures with the highest degree of degradation. The exploratory diagnosis points out the collapse of transverse reinforcement and the reduction of the steel section due to corrosion. The void index of the concrete contributed to the manifestation of the carbonation process that, together with the

high humidity from the environment, reduces the pH of the concrete, causing the corrosive process. After the analysis, it was possible to determine the structural recovery therapy, designed to solve the causes of the anomalies and mitigate the effects of corrosion.
Keywords: Pathological manifestations; structural elements; structural recovery.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a norma NBR 15575 (2013), o termo manutenção relaciona-se ao conjunto de ações desenvolvidas a fim de garantir a conservação ou reabilitação da funcionalidade dos sistemas constituintes da edificação. Neste sentido, Silva (2011) afirma que erros de projetos, falhas na execução e carência de manutenção são possíveis causas das deficiências nas estruturas de concreto armado, reforçando assim, a relevância da manutenção preventiva para evitar consequências irreversíveis na estrutura.

Logo, a recuperação estrutural é um método importante que se caracteriza pelo estudo dos processos de degradação, as causas e as técnicas de reabilitação das estruturas. Além de estudar como as manifestações patológicas estruturais interferem na durabilidade das construções. Souza e Ripper (1998), apontam que os problemas de patologias oriundos da ausência de manutenção ou mesmo por manutenção inadequada, é reflexo do desconhecimento técnico, no desleixo e em problemas econômicos. A falta de recursos ou de destino de verbas para a manutenção preventiva pode vir a ocasionar problemas estruturais de maiores proporções, resultando em gastos significativos ou ainda, em último caso, na própria demolição da estrutura.

Diante do exposto é possível perceber a necessidade de restauração em estruturas de concreto armado, além das vantagens expostas, estimula a evolução das técnicas de reabilitação recompondo a vida útil da estrutura. O presente artigo é resultado da investigação das anomalias mapeadas em pilares de um condomínio, em Fortaleza, com 12 anos de sua construção. Objetivando identificar as causas das manifestações patológicas, os mecanismos de propagação e como afetam a estabilidade da estrutura e as técnicas utilizadas para a reabilitação dessas estruturas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Corrosão de Armaduras

Segundo Nascimento (2015) entende-se por corrosão, problema recorrente nas armaduras em geral, pode-se definir como sendo causas que originam a manifestações patológicas a partir do contato de um material com o meio ambiente, acarretando reações de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas, levando a destruição do material em questão.

De acordo com Helene (1993), a deterioração do aço pode ocorrer através de dois processos, o da oxidação direta e o da corrosão eletroquímica. A oxidação direta ocorre quando os átomos do aço reagem diretamente com o oxigênio, com a formação de um filme uniforme de óxido de ferro, sendo a ocorrência de tal processo lento em temperatura ambiente.

Em relação à natureza eletroquímica do processo corrosivo, o autor supracitado afirma que este é resultado da formação de pilhas de corrosão, em meio aquoso, que funciona como eletrólito. Ao contrário da oxidação direta, o processo eletroquímico não é uniforme devido a dissolução do aço ocorrer nas regiões anódicas, enquanto os elétrons migram para a região catódica. Influenciando significativamente na degradação das armaduras, conforme ilustrado por Possan (2010), na figura a seguir.

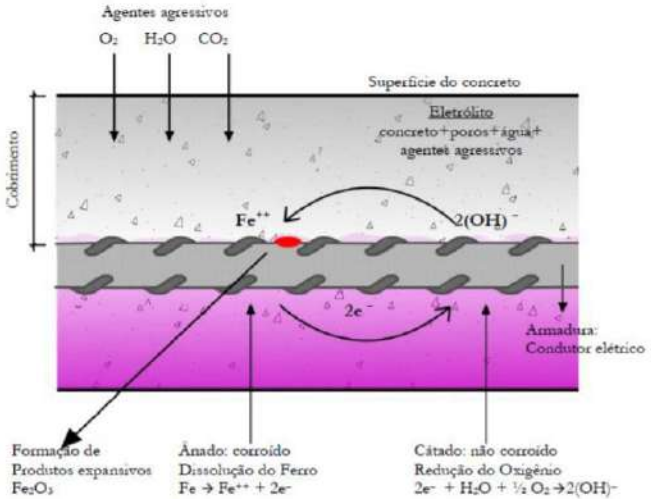

Figura 1 - Processo de Corrosão. Fonte: POSSAN, 2010.

Marcelli (2007), corrobora com a explanação anterior, esclarecendo que a corrosão da armadura quanto a um processo eletroquímico, que pode ter sua eficiência aumentada por alguns fatores como: agentes agressivos externos e internos, que foram adicionados ao concreto, ou ainda que foram gerados pelo ambiente. Sendo necessário a presença dos elementos: presença de oxigênio e umidade, e o estabelecimento de uma célula eletroquímica para que a corrosão de fato ocorra.

Sales *et. al.* (2018), afirma que o processo de corrosão do aço desenvolve-se essencialmente na presença de água ou ambiente com umidade elevada (umidade relativa do ar superior a 60%), isto ocorre devido a presença de eletrólitos, com alta resistência elétrica, confinados na rede de poros existentes no concreto. "Não há corrosão em concretos secos (ausência de eletrólitos) e tampouco em concretos totalmente saturados, devido ao fato de não haver suficiente acesso ao oxigenio".

A citação acima mencionada, ressalta ainda que a ação corrosiva nas armaduras deve ser um fator de atenção para os profissionais da engenharia, pois este ataque às armaduras pode ocorrer ainda no canteiro de obras ou mesmo no armazenamento.

O processo corrosivo do aço no concreto pode ser classificado como generalizado, quando ocorre em toda a região da barra de forma superficial, e como localizado, quando relacionada a despassivação pontual resultado da ação de cloretos ou fissuras e se aprofunda rapidamente na barra. (SABINO, 2014).

A conversão do aço em ferrugem, quando íons cloreto estão presentes, é um processo expansivo e somente ocorre quando existe eletrólito, diferença de potencial e oxigênio. Segundo Mehta e Monteiro (2008), esse aumento no volume é a principal causa para fissuração do concreto.

Comumente, além da fissuração, esse processo pode ocasionar a degradação do concreto e expor a barra de aço ao ambiente, o que acelera o processo corrosivo. Acarretando na redução da seção transversal da barra de aço, diminuindo a resistência e ductilidade (SABINO, 2014).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização do ambiente estudado

O condomínio com área aproximada de 14.800 m2, localizado no bairro Cambeba em Fortaleza, referenciado neste trabalho como edificação "A", trata-se de um condomínio com idade aproximada de 12 anos. A edificação "A" é constituída por cinco blocos de 7 pavimentos cada, possui área destinada à convivência comum e estacionamento. A estrutura da edificação é classificada em concreto armado.

As manifestações patológicas de estudo deste artigo foram encontradas no ambiente da Estação de Tratamento de Água (ETA) da edificação “A”, área em destaque vermelho na Figura 2 é representada na Figura 3, localizado logo abaixo da área de lazer. O local é caracterizado como confinado por possuir sistema de ventilação inadequada, entrada/saída dificultada, além de obter grau elevado de umidade.



Figura 2 - Carta imagem da edificação “A”. Fonte: Autores, 2022.

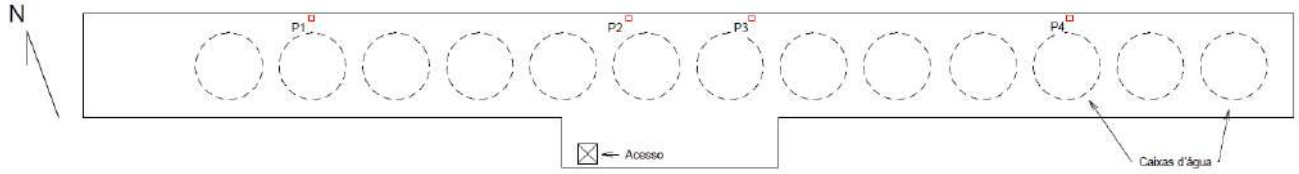

Figura 3 - Representação em planta baixa do ambiente de intervenção. Fonte: Autores, 2022.

3.1 Descrição da intervenção estrutural

Com objetivo de identificar e avaliar as anomalias foi executada uma minuciosa inspeção no ambiente de estudo com propósito de analisar as manifestações patológicas presentes nas peças estruturais ali localizadas e detectar as possíveis causas dos processos de deterioração do concreto. Durante a inspeção foram identificados desplacamento do concreto em 2 (Dois) pilares, P2 e P3, que compõem a estrutura da área de lazer da edificação “A”. Além da presença de água proveniente do escape do sistema de ETA, aumentando a umidade do meio. Foi elaborado um projeto de escoramento para garantir segurança na execução dos procedimentos de investigação e de recuperação. Os pilares que apresentaram anomalias estão destacados na figura a seguir.



Figura 4 - Manifestações patológicas. Fonte: Autores, 2022.

4. Resultados

Após mapear os pilares do ambiente estudado, caracterizar as anomalias, foi realizada escavação em torno dos pilares degradados, para inspecionar a fundação e diagnosticar as manifestações patológicas existentes. Executou-se a remoção do concreto degradado e constatou-se a redução da seção das armaduras transversais, devido a corrosão, conforme Figura 5. Diante das condições do ambiente, com grau elevado de umidade e exposição a agentes químicos utilizados na ETA, foi traçado uma terapia de recuperação estrutural.



Figura 5 - Pilares escareados. Fonte: Autores, 2022.

As armaduras transversais localizadas na parte inferior do pilar foram substituídas e/ou adicionadas conforme grau de corrosão destas, de acordo com projeções em 3D representadas nas Figuras 6 e 7. Em seguida, as demais armaduras existentes foram também escovadas e receberam tratamento com neutralizador, para converter as ferrugens em proteção e, 24 (vinte e quatro) horas após esse processo, executou-se a aplicação do anticorrosivo à base de zinco.

Para preparação e aplicação do revestimento foi utilizado argamassa estrutural 40MPa para chapisco em toda face dos pilares, seguido da montagem de fôrmas delimitando o aumento de seção em 3 (três) centímetros do concreto, que foram fundamentais para aumentar a cobertura anterior de 1,5 centímetros que não estabelecia o mínimo normatizado na NBR 6118 (2014).

Em seguida, foi realizado o preenchimento dos elementos estruturais com concreto auto adensável (graute), a fim de reduzir a porosidade e garantir proteção física e química, mitigando os efeitos nocivos do ambiente. Após o período de cura do graute, visando potencializar a proteção dos elementos estruturais, foi aplicado uma pintura impermeável e elástica.

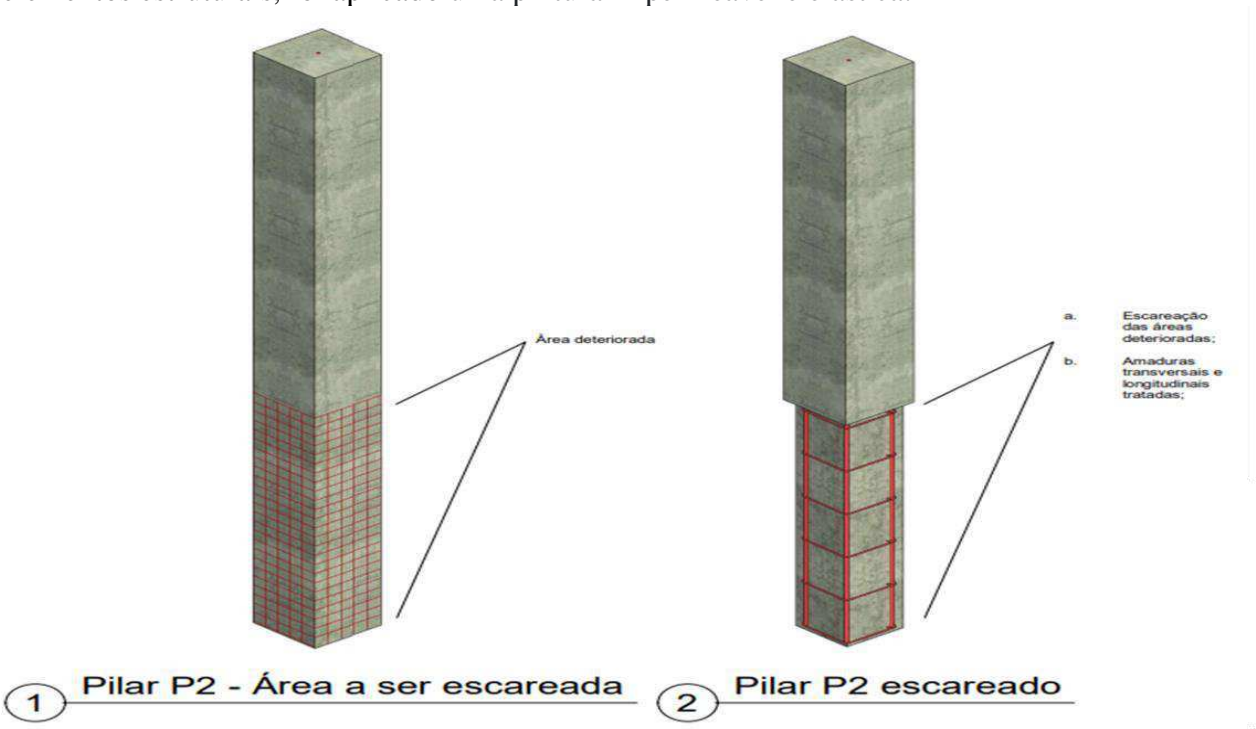

Figura 6 - Projeção em 3D da área de intervenção do Pilar 2. Fonte: Autores, 2022.

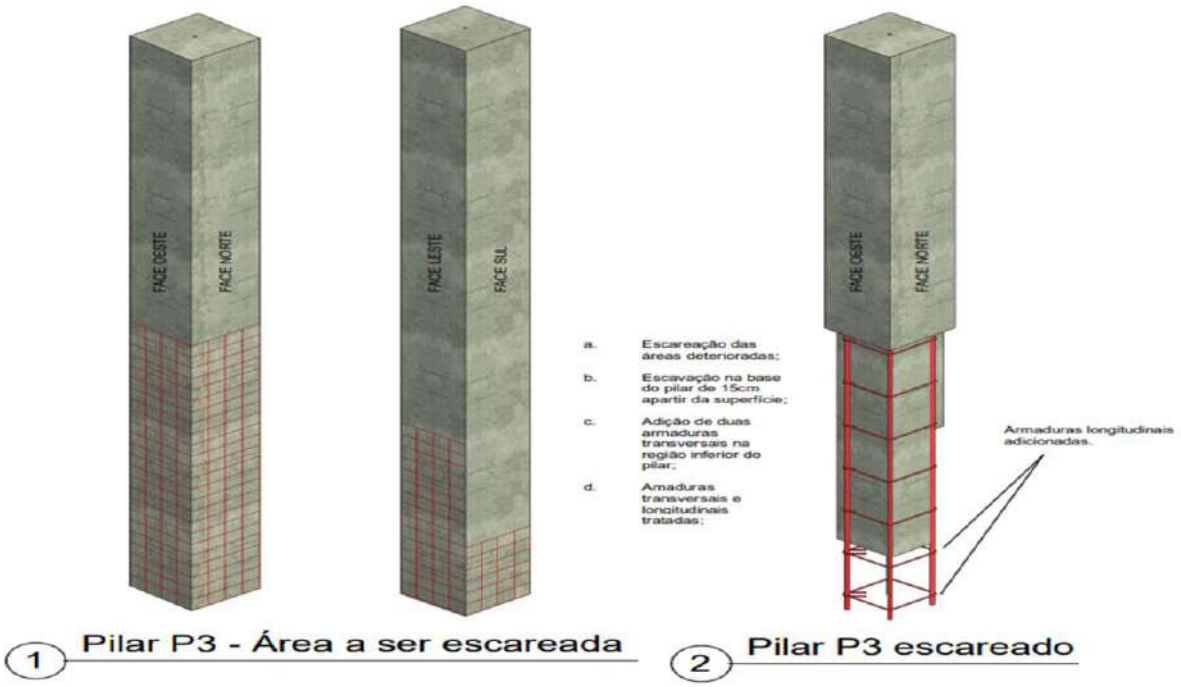

Figura 7 - Projeção em 3D da área de intervenção do Pilar 3. Fonte: Autores, 2022.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou um estudo de caso sobre patologia em uma estrutura de concreto armado, demonstrando como tal manifestação patológica que danifica a peça estrutural, expondo através de um exemplo prático as ações envolvidas desde diagnóstico até a recuperação das peças, devolvendo para estas o desempenho e estabilidade. Isso ressalta a relação entre a manutenção e o desempenho das edificações.

No que concerne a patologia disposta nas peças estruturais foco deste estudo identificamos a predominância de fissuras em pilares consequência da ação de corrosão da armadura. Tendo em vista a localização de tais peças, verifica-se a relação entre a manifestação patológica ali apresentada e o ambiente com umidade elevada.

Dentre os processos de recuperação estrutural das peças ressalta-se a necessidade de recomposição do aço nas regiões cuja seção foi reduzida ou mesmo a substituição nas quais ocorreu o colapso desse componente, além da utilização de concreto auto adensado e tratamento com pintura à base de epóxi a fim de reduzir a porosidade dos pilares tratados, garantido uma maior proteção físico química a peça. A projeção em 3D dessa intervenção auxilia na compreensão da mesma pelos operários e/ou usuários da edificação cujo estruturas encontram-se comprometidas.

Vale ressaltar que as peças recuperadas encontram-se na Estação de Tratamento de Água (ETA), ambiente com baixa circulação de ar, presença de bombas elétricas e tanques nos quais ocorrem a adição de cloro à água. Assim, sugerimos o estudo mais profundo na relação acerca de ambientes confinados e as manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no intuito de orientar projetos e métodos construtivos adequados para este tipo de ambiente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Desempenho das edificações**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

DO NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante. Corrosão em armaduras de concreto. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.** 1993, 213f. Tese (Livre Docência) - Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** São Paulo, IBRACON, 2008.

POSSAN, E. **Modelagem da Carbonatação e Precisão de Vida Útil de Estruturas de Concreto em Ambiente Urbano**. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

SABINO, Mariana de Almeida. **Avaliação da carbonatação em pilares de concreto armado em garagens: estudo de caso.** 2014.

SALES, A. et al. **Corrosão e degradação em estruturas de concreto: teoria, controle e técnica de análise e intervenção.** 2ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

SOUZA, V.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto.** – São Paulo: Pini, 1998.