

O Caso das Manifestações Patológicas em Pilares de uma Edificação Pública

The Case of Pathological Manifestations in Pillars of a Public Building

Cesar Fabiano Fioriti¹  orcid.org/0000-0001-5461-4495

Camila Akemi Sakamoto¹  orcid.org/0000-0002-4749-1025

Maria Paula Hêngling Christófani¹  orcid.org/0000-0002-4233-6544

Nayra Yumi Tsutsumoto²  orcid.org/0000-0002-8410-0716

¹ Departamento de Planejamento Urbanismo e Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, Brasil,

² Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG, Santa Luzia, Brasil.

E-mail do autor principal: Cesar Fabiano Fioriti fioriti@fct.unesp.br

Resumo

Este estudo de caso foi realizado nos pilares em concreto aparente, diretamente expostos às agressividades do meio ambiente, de uma edificação pertencente à Universidade Estadual Paulista, de Presidente Prudente. O objetivo consistiu em verificar, dentro do universo de cada pilar afetado, qual manifestação patológica ocorreu com maior frequência, e tentar justificar a ocorrência de tais incidências através de características singulares de cada elemento. A metodologia empregada envolveu a realização de pré-inspeção, inspeção, diagnóstico das anomalias e escolha da técnica de recuperação e aplicação. Os resultados mostram que as manifestações patológicas identificadas se assemelham quanto ao aspecto visual e descrição, diferenciando-se em seu grau de intensidade. Os problemas detectados que ocorrem com maior incidência são fissuras verticais, deslocamento do concreto, ausência de cobertura (estribos e armadura principal) e corrosão da armadura (estribos e armadura principal). O diagnóstico apontou que as anomalias são provenientes de falhas no processo construtivo e ataque de agentes externos, aliado a falta de programa de manutenção preventiva. As origens das manifestações patológicas estão ligadas a fissuras devidas à corrosão das armaduras e corrosão das armaduras. Por fim, a técnica de reabilitação envolverá o tratamento das armaduras corroídas e a recomposição dos pilares com graute de base epóxi.

Palavras-Chave: Pilares; Degradação; Edificação pública; Concreto armado.

Abstract

This case study was carried out in the pillars in apparent concrete, directly exposed to the environmental aggressions, of a building belonging to the State University of São Paulo, of Presidente

Prudente. The objective was to verify, within the universe of each affected pillar, which pathological manifestation occurred most frequently, and to try to justify the occurrence of such incidences through the unique characteristics of each element. The methodology employed involved pre-inspection, inspection, diagnosis of anomalies and choice of recovery technique and application. The results show that the identified pathological manifestations are similar in visual aspect and description, differing in their degree of intensity. The problems detected that occur with a greater incidence are vertical cracks, displacement of the concrete, absence of covering (stirrups and main reinforcement) and corrosion of the reinforcement (stirrups and main reinforcement). The diagnosis pointed out that the anomalies come from failures in the construction process and attack of external agents, together with the lack of preventive maintenance program. The origins of pathological manifestation are related to cracks due to corrosion of the reinforcement and corrosion of the reinforcement. Finally, the rehabilitation technique will involve the treatment of corroded reinforcements and the recomposition of epoxy-based gratings.

Key-words: Pillars; Degradation; Public building; Concrete.

1 Introdução

A ocorrência de manifestações patológicas em edificações pode ter suas causas originadas em qualquer fase de produção e/ou utilização da mesma: durante a concepção do projeto, a seleção de materiais, execução e mesmo durante o seu uso ao longo da sua vida útil. Para que seja garantida a qualidade final de uma edificação, entre outros aspectos, devem-se melhorar aspectos relacionados à concepção e representação gráfica dos projetos arquitetônicos, à garantia do uso de técnicas adequadas de construção e gestão durante a obra, além de um programa adequado de manutenção durante o ciclo de utilização da mesma (SCHARDONG e PAGNUSSAT [1]).

Ao analisar um processo patológico existente em uma edificação é necessário considerá-la como um conjunto de elementos que possuem características mecânicas, físicas e químicas determinadas e que mediante a isso podem sofrer modificações e interferências nas suas propriedades, acarretando no surgimento de manifestações patológicas.

Para diagnosticar e tratar um problema patológico deve-se antes de tudo conhecer o seu processo, sua origem, seus sintomas e suas causas. Esse conjunto de aspectos é o que determina um processo patológico em questão e que possibilita que se providenciem medidas de reparos.

Em uma sequência temporal do processo patológico podemos distinguir três partes diferenciadas: a origem, a evolução e o resultado final. Para o estudo do processo patológico convém recorrer a esta sequência de modo inverso, em que se observa primeiramente o resultado da anomalia, depois os sintomas, para, seguindo a evolução da mesma, alegar sua origem: a causa. Este processo permitirá estabelecer tanto a estratégia de reparação como a hipótese de prevenção (BROTO [2]).

As manifestações patológicas são originadas por falhas que incidem durante a realização de uma ou mais atividades do processo da construção civil. As etapas iniciais dispõem um tempo relativo curto em relação à última que é a fase de uso, etapa mais longa que envolve a operação e manutenção das edificações, que, de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), norma de desempenho, é de no mínimo cinquenta anos no Brasil (TUTIKIAN e PACHECO [3]).

Ainda segundo Tutikian e Pacheco [3], estudos têm demonstrado que quanto mais cedo se detectar uma anomalia, mais eficiente e menos onerosa será a intervenção. Muitos cuidados são deixados de lado quando se projeta, se constrói ou se utiliza uma edificação, prejudicando a vida útil e o desempenho de sua estrutura. Portanto, se observa que o ciclo de vida de uma edificação consiste na etapa de produção e uso.

Diante do exposto, este trabalho trata de estudo de caso realizado nos pilares em concreto aparente, diretamente expostos às agressividades do meio ambiente, de uma edificação pertencente à Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), campus de Presidente Prudente. O objetivo foi o de verificar, dentro do universo de cada pilar afetado, qual manifestação patológica ocorreu com maior frequência, e tentar justificar a ocorrência de tais incidências através de características singulares de cada elemento.

2 Breve descrição da metodologia

A apresentação das manifestações patológicas se limita ao estudo de caso, sendo que foi considerada no trabalho uma edificação localizada nas dependências da FCT/UNESP, campus de Presidente Prudente. A estrutura do método genérico utilizado foi formada, basicamente, por cinco partes distintas apresentadas na Figura 1.

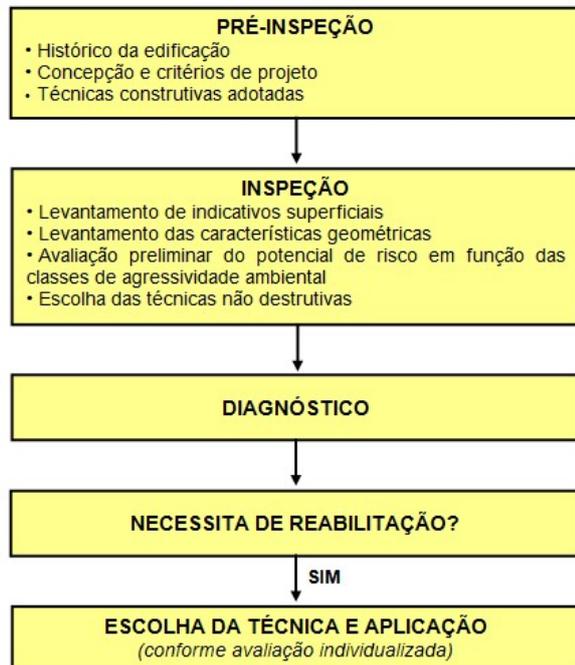


Figura 1: Metodologia de etapas de inspeção para avaliação dos pilares.
Fonte: Autores (2017).

O método genérico utilizado dá origem, em termos de aplicação prática, a um procedimento para resolução de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado. Convém mencionar que as técnicas não destrutivas utilizadas no trabalho foram a termografia infravermelha e o ensaio de carbonatação (solução de fenolftaleína). A justificativa de aplicação destas técnicas será realizada na apresentação do subitem 3.2 (inspeção).

3 Resultados e análise do problema

Os elementos escolhidos para vistoria tiveram como característica principal serem em concreto armado aparente, isto é, estarem diretamente expostos às agressividades do meio ambiente. Os resultados e análise, conforme determina a metodologia de etapas de inspeção utilizada, estão apresentados na sequência do texto.

3.1 Pré-inspeção

3.1.1 Dados da edificação

A edificação objeto de estudo de caso é denominada de Departamento de Cartografia (DC), se encontra localizada nas dependências da FCT/UNESP, no campus de Presidente Prudente. Atualmente se encontra com idade de 40 anos, com finalidade de uso

educacional, possuindo área construída que totaliza 697,90 m². Dispõe de projeto arquitetônico, porém não há relatos de projeto estrutural.

3.1.2 Técnicas construtivas

O sistema estrutural é constituído de pilares e vigas em concreto armado moldados in loco, com lajes pré-moldadas de concreto.

Se trata de uma edificação térrea, possuindo pilares e vigas em concreto aparente na parte externa e revestidos com argamassa na parte interna, lajes pré-moldadas revestidas com argamassa na parte interna; alvenaria de tijolos maciços revestidos com argamassa em ambos os lados, esquadrias metálicas compoendo as janelas e portas de acesso, estrutura de cobertura em madeira com telhamento em fibrocimento (tipo calhetão), piso vinílico e pintura com tinta látex.

3.1.3 Informações adicionais

Conforme o levantamento do histórico da edificação obtido verbalmente através de entrevistas não estruturadas com funcionários mais antigos da Seção de Conservação e Manutenção da FCT/UNESP, a respeito de sua construção, a edificação nesse período sofreu alteração apenas no que diz respeito ao seu acesso, que originalmente era feito pelas Fachadas 2 e 4, e atualmente é realizado unicamente pela Fachada 1 (ver Figura 2).

3.2 Inspeção

3.2.1 Indicativos superficiais e características geométricas

O período de realização das vistorias consistiu de 16 de janeiro a 24 de fevereiro de 2017. A finalidade das inspeções teve como propósito a realização de avaliação dos elementos estruturais de concreto armado afetados na edificação, nesse caso os pilares externos de concreto armado.

Os pilares apresentam dimensões de 15 x 30 cm, com exceção dos pilares de canto que tem 25 x 30 cm, porém todos apresentam altura de 3,65 m.

O levantamento das manifestações patológicas constituiu-se de vistoria das faces aparentes dos pilares e de anotações destas em croquis próprios. Nesses croquis são apresentados os pilares que contém problemas patológicos. Os dados coletados foram analisados, com base nas anotações dos

<http://dx.doi.org/10.25286/repa.v2i3.680>

defeitos que implicassem na durabilidade dos pilares de concreto armado.

As observações foram feitas a olho nu, próximas ao elemento analisado ou, para o caso dos pilares onde a aproximação era difícil, como a parte superior, foi realizada com auxílio de binóculo. As medidas da edificação e dos elementos estruturais foram feitas com auxílio de trena, régua e paquímetro digital.

Foram pesquisados os seguintes problemas patológicos: fissuras devidas à corrosão das armaduras, ausência de cobertura das armações, corrosão das armações e deslocamento do concreto do cobertura das armações.

Assim, inicialmente será feita a apresentação da edificação através de sequência de imagens digitais e elaboração de desenhos assistidos por computador (Figuras 2a;b e 3), com o objetivo de exibir sua localização em relação ao Norte, seu entorno, bem como pontuar e descrever as manifestações patológicas observadas.

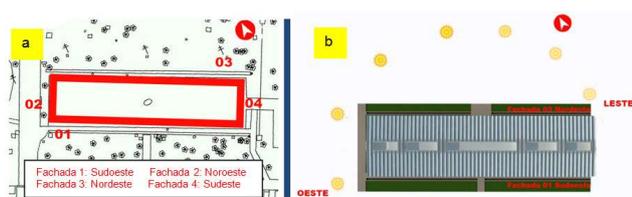


Figura 2: a) Fachadas enumeradas e esquema com a vegetação presente no entorno da edificação; b) Esquema (vista superior) mostrando o caminho do Sol. Fonte: Autores (2017).

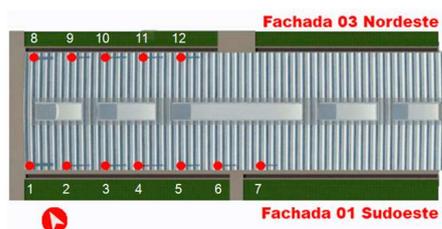


Figura 3: Esquema (vista superior) com a marcação e numeração dos pilares que apresentam manifestações patológicas. Fonte: Autores (2017).

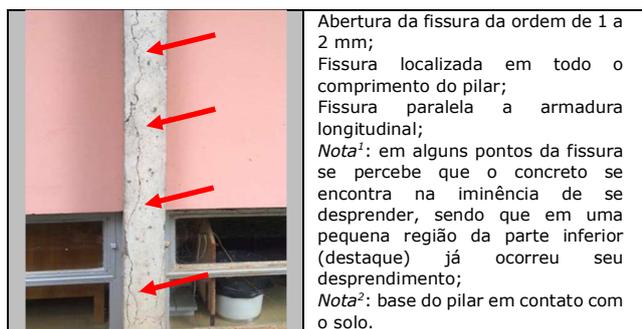
Pelo esquema da vista superior com a marcação dos pilares que apresentam algum dano (Figura 3), o lado esquerdo da edificação é mais afetado pelas manifestações patológicas nos pilares. Exceção dada ao Pilar 7, que apresenta anomalia, porém em nível inferior aos demais.

3.2.2 Manifestações patológicas identificadas nos pilares

As características visuais e descrições das manifestações patológicas identificadas nos pilares por meio das vistorias são apresentadas no Quadro 1. Porém, em função da limitação de páginas que o trabalho deve apresentar, serão apresentadas as anomalias e descrições identificadas em quatro dos doze pilares que apresentaram problemas patológicos. Até mesmo, porque as manifestações patológicas praticamente se repetem entre os mesmos, diferenciando em seu nível de gravidade.

Quadro 1: Manifestações patológicas de alguns dos pilares da edificação.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Pilar 2</p>  | <p>Descrição</p> <p>Armadura longitudinal exposta em uma das quinas do pilar; Armadura exposta com presença de corrosão; Presença de fissuras verticais nas quinas do pilar; Abertura das fissuras da ordem de 1 a 2 mm; Fissuras paralelas a armadura longitudinal; Fissura (parte superior) com o concreto na iminência de se desprender; Exposição da armadura e fissuras localizadas na parte central e superior do pilar.</p> |
| <p>Pilar 3</p>  | <p>Descrição</p> <p>Armadura longitudinal e parte dos estribos expostos em uma das quinas do pilar; Armadura exposta com presença de corrosão; Presença de fissura vertical próxima a quina com armadura exposta; Abertura da fissura da ordem de 2 mm; Fissura paralela a armadura longitudinal; Exposição da armadura localizada na parte inferior e central do pilar; Fissura localizada na parte central do pilar.</p> |
| <p>Pilar 5</p>  | <p>Descrição</p> <p>Armadura longitudinal exposta em uma das quinas do pilar; Armadura exposta com presença de corrosão; Presença de fissuras verticais em uma das quinas do pilar; Abertura das fissuras da ordem de 1 a 2 mm; Fissuras paralelas a armadura longitudinal; Fissura (parte central) com o concreto na iminência de se desprender; Exposição da armadura e fissuras localizadas na parte central e superior do pilar.</p> |
| <p>Pilar 10</p> | <p>Descrição</p> <p>Presença de fissura contínua vertical em uma das quinas do pilar; Armadura longitudinal exposta em uma das quinas do pilar;</p> |



Abertura da fissura da ordem de 1 a 2 mm;
Fissura localizada em todo o comprimento do pilar;
Fissura paralela a armadura longitudinal;
*Nota*¹: em alguns pontos da fissura se percebe que o concreto se encontra na iminência de se desprender, sendo que em uma pequena região da parte inferior (destaque) já ocorreu seu desprendimento;
*Nota*²: base do pilar em contato com o solo.

Fonte: Autores (2016).

3.2.3 Avaliação do potencial de risco em função das classes de agressividade ambiental

Conforme as prescrições da NBR 6118 (ABNT [4]), temos a seguinte avaliação:

- Edificação com classe II, com agressividade moderada, risco de deterioração pequeno, tipo de ambiente urbano;
- A espessura das fissuras, quase que em sua totalidade, se encontra acima do nível aceitável para peças expostas a meio agressivo moderado e forte, que é de 0,3 mm;
- O cobrimento dos pilares, conforme a classe de agressividade II, deve ter no mínimo 30 mm.

3.2.4 Resumo dos dados coletados

Em cada pilar foi contabilizado apenas uma vez cada tipo de anomalia, reconhecida como a mais típica do elemento. A Tabela 1 apresenta o resumo dos quantitativos das manifestações patológicas verificadas nos pilares com algum tipo de dano.

Tabela 1: Resumo das manifestações patológicas encontradas nos pilares.

| Item | Manifestação patológica | Quantidade de pilares | |
|------|---------------------------|------------------------------------------------|---|
| 1 | Fissura vertical | 12 | |
| 2 | Desplacamento do concreto | 9 | |
| 3 | Ausência de cobrimento | Estribo | 5 |
| | | Armação principal | 9 |
| 4 | Corrosão da armadura | Estribo com exposição ⁽¹⁾ | 5 |
| | | Armação principal com exposição ⁽²⁾ | 9 |

(1) Os estribos expostos não se encontram rompidos.

(2) A armadura principal exposta não se encontra rompida.

Fonte: Autores (2017).

3.2.5 Perda de seção por corrosão

Com um paquímetro digital mediu-se o diâmetro das barras principais expostas dos pilares, e foram calculadas as perdas de seção por corrosão, conforme a Tabela 2.

Tabela 2: Perda de seção por corrosão nas barras principais dos pilares.

| Pilar | Ø Original ⁽¹⁾ (mm) | Ø Atual (mm) | Perda de seção (%) |
|-------|--------------------------------|--------------|--------------------|
| 1 | 10,00 | (*) | - |
| 2 | 10,00 | 9,37 | 6,3 |
| 3 | 10,00 | 9,44 | 5,6 |
| 4 | 10,00 | 9,35 | 6,5 |
| 5 | 10,00 | (*) | - |
| 6 | 10,00 | 9,15 | 8,5 |
| 7 | 10,00 | (*) | - |
| 8 | 10,00 | 9,26 | 7,4 |
| 9 | 10,00 | (*) | - |
| 10 | 10,00 | (*) | - |
| 11 | 10,00 | (*) | - |
| 12 | 10,00 | 9,32 | 6,8 |

(*) Não foi possível realizar a medição.

(1) Ø 10,00mm → mínimo recomendado pela NBR 6118 (ABNT [4]).

Fonte: Autores (2017).

De acordo com Soares et al. [5], adota-se o princípio de que a necessidade de adição de uma nova barra de aço existe sempre que a redução da seção da barra corroída tiver ultrapassado 10%, caso este que não foi observado em nenhuma das barras onde ocorreu a medição da perda de seção (Tabela 2).

3.2.6 Cobrimento dos pilares

A Tabela 3 apresenta os valores do cobrimento dos pilares, que foram medidos com auxílio de uma régua. Os valores foram obtidos nos pontos onde se encontra o concreto deslocado, nas quinas, sendo apresentado o menor entre os dois valores verificados das quinas de cada pilar.

Tabela 3: Cobrimento verificado nos pilares.

| Pilar | Cobrimento (mm) |
|-------|-----------------|
| 1 | (*) |
| 2 | 6,0 |
| 3 | 7,0 |
| 4 | 6,0 |
| 5 | (*) |
| 6 | 9,0 |
| 7 | (*) |
| 8 | 11,0 |
| 9 | 11,0 |
| 10 | (*) |
| 11 | (*) |
| 12 | 9,0 |

(*) Não foi possível realizar a medição.

Fonte: Autores (2017).

Verificou-se que todos os pilares com armadura exposta apresentam cobertura inferior ao mínimo de 30 mm prescrito pela NBR 6118 (ABNT [4]). Porém, na época da execução da edificação, a norma em vigor era a NB 1 (ABNT [6]) que determinava um cobertura mínimo para pilares ao ar livre de 20 mm, o que também não foi constatado na vistoria.

Como apenas existe o projeto arquitetônico da edificação, não pode ser verificado o cobertura especificado no projeto estrutural.

De maneira paralela, cabe mencionar que a NBR 6118 (ABNT [4]) estabelece que a menor dimensão na seção do pilar deva ser de 19 cm. Ao passo que a NB 1 (ABNT [6]) prescrevia que a menor dimensão na seção do pilar deveria ser de 20 cm. Assim, excluindo-se os pilares de canto que tem seção de 25 x 30 cm, todos os demais apresentam uma dimensão inferior ao estabelecido na época, pois apresentam seção de 15 x 30 cm.

A título de informação adicional é mencionado que embora se perceba que a parte da esquerda da edificação (ver Figura 3) apresenta anomalias, enquanto na sua direita os pilares, praticamente, não apresentam problemas patológicos. Não foi observado, nos pilares externos, relação entre o posicionamento dos pontos cardeais de alguma fachada com o grau de incidência das manifestações patológicas.

3.2.7 Ensaios não destrutivos

As manifestações patológicas apresentadas se assemelham quanto ao aspecto visual e descrição, diferenciando-se em seu grau de intensidade. Dessa maneira, se tratando de uma edificação em que as fachadas afetadas pelas manifestações patológicas têm em seu entorno grande quantidade de vegetação (plantas, gramas, arbustos e árvores), ao passo que em uma delas há o contato direto dos pilares com a vegetação, foi utilizado um equipamento termográfico para verificar se a origem da corrosão das armaduras (com fissuração e deslocamento) se dá através de absorção de água por capilaridade. E por se tratar de uma edificação localizada próxima a vários estacionamentos de veículos, em que ocorre grande concentração de monóxido de carbono (CO), bem como o dióxido de carbono (CO₂) produzido pela vegetação do entorno, foi realizado o ensaio de carbonatação (solução de fenolftaleína).

3.2.7.1 Termografia infravermelha

Por meio dos termogramas verificou-se, em todos os pilares afetados, que os mesmos não apresentam variação de temperatura ao longo de seu

comprimento, principalmente na parte inferior dos mesmos, seja na Fachada 1 (Sudoeste) com o calçamento de concreto ou na Fachada 3 (Nordeste) com contato direto com o solo.

No Quadro 2, o termograma superior e a imagem real refere-se ao Pilar 2 da Fachada 1, e o termograma inferior com sua imagem real refere-se ao Pilar 8 da Fachada 2. Pode-se notar uma diferença de 11°C entre as imagens, referente ao horário em que as mesmas foram realizadas (10h40min), ou seja, na Fachada 1 não havia incidência do Sol enquanto na Fachada 2 havia incidência direta. Mas não se nota qualquer ponto com variação extrema de temperatura, o que poderia indicar a ocorrência de umidade ascendente. Cabe mencionar que os termogramas foram realizados 3 dias após chover no local, justamente para que a água da chuva pudesse se infiltrar no solo e ser absorvida pelos pilares (se fosse o caso).

Quadro 2: Termogramas de alguns dos pilares com manifestações patológicas.



Fonte: Autores (2017).

3.2.7.2 Carbonatação

Por se tratar de uma estrutura de concreto em funcionamento, a determinação da profundidade de carbonatação foi realizada tentando preservar ao máximo possível o bem público. Foi utilizado um processo amplamente difundido e do qual os engenheiros que trabalham com diagnóstico, análise e recuperação de estruturas de concreto fazem bastante uso. As profundidades de carbonatação foram medidas fazendo-se pequenos desbastes nas quinas da estrutura de concreto com auxílio de ponteiro e escova de aço e, após limpeza da região, visando à retirada de material solto e pulverulento, foi aplicada a solução de fenolftaleína com jato de spray, caracterizando a região não carbonatada com a cor rosa fúcsia e a carbonatada permanecendo com a cor

inalterada. O Quadro 3 apresenta o indicador de carbonatação aplicado nas quinas de alguns dos pilares.

Quadro 3: Indicador de carbonatação, solução de fenolftaleína, aplicada em quinas de pilares



Fonte: Autores (2017).

A linha limítrofe entre o concreto carbonatado e o "sadio", chamada de frente de carbonatação, não se apresenta regular devido à presença de agregados graúdos ou de algum nicho de concentração de componentes químicos que retarda ou impede o avanço da frente de carbonatação. Portanto, a leitura da profundidade foi adotada como a distância entre a face da quina do pilar e uma linha média imaginária da frente de carbonatação. A Tabela 4 apresenta as profundidades de carbonatação medidas nos pilares.

Tabela 4: Profundidades de carbonatação dos pilares.

| Pilar | Profundidade de carbonatação (mm) | | Média (mm) |
|-------|-----------------------------------|-----|------------|
| 1 | 0,0 | 1,0 | 0,5 |
| 2 | 1,0 | 2,0 | 1,5 |
| 3 | 1,0 | 2,0 | 1,5 |
| 4 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 6 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 7 | 0,5 | 0,5 | 0,0 |
| 8 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 9 | 2,0 | 1,0 | 1,5 |
| 10 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 11 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| 12 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |

Fonte: Autores (2017).

Como apresentado na Tabela 4, os pilares demonstram carbonatação leve e superficial, não sendo suficientes para atingirem as armaduras principais e estribos dos pilares, onde se verificou que o cobrimento mínimo medido in loco é de 6 mm. Findando que a frente de carbonatação não atingiu a película passivadora da armadura, e, conseqüentemente não é responsável pela corrosão.

Porém, atualmente, as armaduras que se encontram expostas em função do deslocamento do

concreto, em processo de corrosão, tendem também a ter seu processo corrosivo acelerado em função de se encontrarem totalmente desprotegidas, podendo ser induzidas por um diferencial de potencial elétrico ou pela presença de umidade, ou ainda provocado por uma tensão residual durante o dobramento dos estribos. O processo de corrosão só se efetiva quando se tem oxigênio e água livre para o transporte dos íons. Por outro lado, se não ocorrer a diferença de potencial nem a presença do oxigênio e da água, o processo corrosivo pode permanecer inativo indefinidamente.

3.2.8 Informações complementares

Ocorreu a suspeita de que a corrosão da armadura encontrada nos pilares poderia ser proveniente de ataque por cloretos. Pois relatos de engenheiros da época apontam para o uso de aceleradores de pega contendo cloreto de cálcio (CaCl₂) na execução de concretos em várias obras das décadas de 1960 e 1970, na região. O ataque por cloretos também leva a corrosão da armadura, que por sua vez expande gerando tensões de tração dentro do concreto, ocasionando seu deslocamento. Porém, ao vistoriar a edificação na sua parte interna não foram encontradas fissuras, deslocamentos, tampouco indícios de corrosão na armadura dos pilares, sendo descartada essa possibilidade. Ainda assim, não foi possível realizar o ensaio de teor de cloretos devido a não disponibilidade do equipamento necessário.

3.3 Diagnóstico

As manifestações patológicas dos pilares externos são provenientes de falhas no processo construtivo e ataque de agentes externos, aliado a falta de um programa de manutenção preventiva. As origens dos problemas patológicos são apresentadas nos subitens sequenciais.

3.3.1 Fissuras devidas à corrosão das armaduras

De forma deliberada, as armaduras dos pilares de concreto foram quase que invariavelmente colocadas nas proximidades de suas superfícies, ficando sujeitas a presença de água e de ar, desencadeando então o processo de corrosão, que tende a abranger toda a extensão mal protegida da armadura. A corrosão de armaduras nas estruturas de concreto é decorrente, preponderantemente, de processos eletroquímicos, característicos de corrosão em meio úmido, intensificando-se com a presença de elementos

<http://dx.doi.org/10.25286/repa.v2i3.680>

agressivos e com o aumento das heterogeneidades da estrutura, tais como aeração diferencial da peça, variações na espessura do revestimento, heterogeneidades do aço ou mesmo das tensões a que está submetido.

Dessa maneira, a porcentagem desta manifestação patológica nos pilares vistoriados é intensa, dando a impressão de que a incidência de corrosão nas armaduras é geral. O fato é que grande parte das armaduras corroídas já perdeu a capa protetora de concreto (ou se encontram na iminência do deslocamento), expondo-as ao meio ambiente.

3.3.2 Corrosão das armaduras

A totalidade das corrosões nas armaduras foi causada pelo pequeno revestimento de concreto dos pilares, com espessura inferior ao especificado na NBR 6118 (ABNT [4]), que é de 30 mm. Mesmo quando utilizamos como referência a norma da época da construção, NB1 (ABNT [6]), a prescrição indicava para pilares ao ar livre um revestimento mínimo de 20 mm. Desta maneira, com a armadura desprotegida e na presença de umidade proveniente da água de chuva, cria-se a condição favorável para a instalação da corrosão.

A corrosão das armaduras ocasiona uma ruína lenta e progressiva do elemento (pilar), reduzindo a seção das barras e a aderência com o concreto, proporcionando seu deslocamento. As barras mais afetadas pela corrosão são justamente as de quinas dos pilares porque são atacadas pelos dois lados.

Assim, o exame visual das armaduras de aço apontou falhas de formação de camadas protetoras da armadura embutida no concreto (revestimento).

3.4 Técnica de reabilitação

3.4.1 Corrosão do aço

O tratamento das armaduras corroídas deve abranger as etapas indicadas:

- Definir a área a ser tratada;
- Remover todo o concreto contaminado ao redor da armadura com corrosão (ou com fissuras na iminência de se soltar), com ferramentas manuais para não prejudicar ainda mais a armadura ou sua aderência ao concreto;
- Limpar cuidadosamente as barras corroídas com escova de aço;
- Examinar cuidadosamente as barras corroídas e já limpas, para avaliação da perda da sua capacidade

resistente; se for constatada perda de seção superior a 15% as barras devem ser suplementadas;

- Após a remoção de todos os detritos, a armadura tratada e a suplementar, se esta for necessária, devem ser pintadas com tinta inibidora de corrosão.

3.4.2 Recomposição com graute de base epóxi

A aplicação do graute deve seguir as seguintes etapas:

- Para o fechamento dos reparos deverá proceder-se ao lançamento do graute de base epóxi para complemento do pilar, devido a sua alta fluidez este procedimento requer a execução de fôrmas do tipo "cachimbo";
- O reparo deve ser preenchido de forma contínua, quando houver a necessidade de uma possível interrupção, a mesma não poderá superar 10 minutos; não se faz necessário o uso de vibrador nestas regiões, pois o graute tem a propriedade de ser auto adensável e autonivelante;
- O preenchimento do reparo deverá prosseguir até o transbordamento do graute pelo "cachimbo", tomando-se cuidado para que não decorra mais que 20 minutos do tempo de mistura do graute até o seu lançamento;
- A retirada das fôrmas se dará após 24 horas do preenchimento do reparo, com o auxílio de ponteiro e talhadeira, para retirada do material excedente;
- Caso sejam observadas pequenas falhas no preenchimento com graute nas regiões reparadas, faz-se necessário a aplicação de argamassa para a correção.

4 Considerações finais

Por meio das inspeções realizadas foi possível observar que as manifestações patológicas se repetem, diferenciando em seu nível de gravidade, e partem dos mesmos fatores. Porém, vale atentar ao fato de que parte dos pilares estão expostos às intempéries, e com isso, a deterioração dos materiais que compõem o sistema estrutural reagem com os agentes externos e contribuem com o surgimento das anomalias. Portanto, é concebível considerar que estes fatores relacionados a um mau planejamento e/ou execução, acabam por acarretar as manifestações patológicas apresentadas no trabalho.

Por fim, o trabalho constituiu em um esforço no sentido de propiciar uma contribuição científica no estudo da patologia em pilares de concreto. Sendo

que foi constatado que a correta escolha da técnica a ser utilizada em uma recuperação estrutural é que vai garantir o sucesso do trabalho realizado, pois a escolha errada pode acarretar na piora do problema. Assim, após a inspeção, estudo e diagnóstico da manifestação patológica, a indicação do procedimento de correção deve levar em conta vários fatores, como eficiência da obra, temperatura, prazos e agressividade do ambiente durante e após a correção. Alerta-se que, para cada tipo de problema, pode haver mais de uma solução, mais de um procedimento de correção, que será adotado em função de fatores técnicos e econômicos.

Referências

- [1] SCHARDONG, G. K.; PAGNUSSAT, D. T. Avaliação de manifestações patológicas em edificações escolares públicas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS, 7, 2011, Fortaleza, 2011.
- [2] BROTO, C. Enciclopedia broto patologías de la construcción. Barcelona: Links Internacional, 2005. 1396 p.
- [3] TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil. Boletín Técnico. ALCONPAT Internacional, Mérida, 2013.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.
- [5] SOARES, A. P. F.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. C. Corrosão em armaduras de concreto. Ciências Exatas e Tecnológicas, v.3, n.1, p.177-188, 2015.
- [6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NB-1: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro, 1960.