

Investigação de manifestações patológicas em sistemas estruturais de concreto armado: estudo de caso em edificação pública

Research of pathological manifestations in concrete structural systems: case study in building public

Juliana Furtado Arrobas Martins, juarrobas@hotmail.com

Prof. Dr. Cesar Fabiano Fioriti

Universidade Estadual Paulista – FCT/UNESP, Presidente Prudente, SP

Submetido em 02/04/2016

Revisado em 04/04/2016

Aprovado em 03/05/2016

Resumo: Trata-se de um estudo de caso realizado no Núcleo Morumbi (antigo Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério – CEFAM) pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Presidente Prudente, onde através de inspeção visual foram identificadas as manifestações patológicas existentes nos sistemas estruturais em concreto armado da edificação. Para isso foi realizada a análise dos aspectos gerais das anomalias, com o objetivo de identificar o dano encontrado. Os problemas detectados que ocorreram com maior incidência foram: corrosão de armaduras, fissuras, nichos, irregularidades geométricas, manchas escuras, lixiviação e eflorescências. Diante do exposto, notou-se que os danos poderiam ter sido minimizados caso houvesse um efetivo controle da qualidade durante o processo construtivo das estruturas analisadas, aliado a um programa de manutenção preventiva. Por fim, espera-se que esse trabalho possa servir de alerta para projetistas, construtores e usuários, para que tenham cuidados com as especificações de procedimento de execução das estruturas, assim como a sua utilização.

Palavras chave: Concreto armado. Edifício público. Degradação. Sistemas estruturais.

Abstract: This work is in the case study carried out at the Núcleo Morumbi (formerly Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério – CEFAM) belonging to the Universidade Estadual Paulista – UNESP, Presidente Prudente, where through visual inspection existing pathological manifestations were identified the structural systems of the building in reinforced concrete. For this analysis of the general aspects of anomalies, in order to identify the damage found was performed. The detected events that occurred with the highest incidence were: reinforcement corrosion, cracks, niches, stains, geometric irregularities, efflorescence and leaching. Given the above, it was noted that the damage could have been minimized if there were an effective quality control during the construction process of concrete structures analyzed, together with a preventive maintenance program. Finally, it is hoped that this work can serve as

a warning to designers, builders and users, so be careful with the specifications for the application procedure of the structures, as well as their use.

Keywords: Reinforced concrete. Public building. Degradation. Structural systems.

1. Introdução

Na construção civil a rapidez na execução e o emprego de novas tecnologias são fundamentais para tornar o mercado mais competitivo e possibilitar novos empreendimentos. Inovações e rapidez de execução acarretaram na necessidade de se desenvolver o conhecimento relacionado às estruturas e aos materiais, a fim de proporcionar o avanço das construções. Entretanto, ainda que o investimento em tecnologias relacionadas a essas construções cresceu e evoluiu desde o início das civilizações até os dias atuais, ainda assim, existem sérias limitações e inevitáveis falhas que acabam por prejudicar o desempenho de algumas estruturas. Esses fatores conduzem ao surgimento de manifestações patológicas, que podem ser entendidas como perda ou queda de desempenho de um conjunto ou componente estrutural.

Como a patologia pode ser influenciada pelo comportamento da estrutura em uso, pelo tempo e pelas condições de exposição, percebe-se, portanto, que há uma forte relação entre a patologia e desempenho, vida útil e durabilidade da edificação (SANTOS, 2012).

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, onde 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, 2005).

Os problemas de deterioração da estrutura e de seus materiais componentes decorrem, em grande parte, de um projeto inadequado e de uma execução mal cuidada, deficiências que ainda se constata serem comuns, provocando a ocorrência de falhas que, fatalmente, resultam na necessidade de

recuperação ou de reforço da estrutura (ou até mesmo, em casos extremos, de demolição) (SOUZA e RIPPER, 1998).

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 (TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

Desta maneira, a maioria das manifestações patológicas poderia ser evitada se houvesse um melhor detalhamento de projeto, escolha apropriada dos materiais e correta execução da construção, assim como uma maior preocupação com a realização das intervenções de manutenção nos elementos que compõem as edificações (KLIMPEL e SANTOS, 2010).

O concreto armado é atualmente um material intensamente utilizado na construção de estruturas e grandes obras viárias. Seu emprego é conhecido em todo o mundo e seu uso é difundido pela facilidade de execução e adaptação as mais diferentes formas. No entanto a garantia de qualidade e segurança exige uma série de cuidados desde a fase de projeto até a execução.

Sendo o concreto armado um material não inerte, ele se sujeita a alterações ao longo do tempo, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais) (VITÓRIO, 2003).

As anomalias nas estruturas de concreto geralmente se manifestam de forma bem característica, permitindo assim que um profissional experiente possa deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos envolvidos, bem como as prováveis consequências (KLIMPEL e SANTOS, 2010).

Portanto, este trabalho trata de um estudo de caso realizado no Núcleo Morumbi (antigo Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério – CEFAM) pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Presidente Prudente, onde através de inspeção visual foram identificadas as manifestações patológicas existentes nos sistemas estruturais em concreto armado da edificação. Salienta-se, contudo, que não fez parte do objetivo, entrar no mérito da qualificação e da atuação dos profissionais, assim

como das empresas que participaram dos projetos e execução deste edifício, sendo o único foco a identificação das manifestações patológicas vistas sob a ótica da sintomatologia.

2. Metodologia

O método escolhido para a formulação do trabalho foi o de estudo de caso, visto que este método é considerado altamente rico sob o ponto de vista didático. Dessa forma, o estudo de caso foi a alternativa expositiva escolhida para apresentar o equacionamento das soluções dos conflitos que o envolvem.

Foram necessárias quatro etapas para a realização do trabalho, as quais são apresentadas de forma esquemática na Figura 1.



Figura 1 – Esquema das etapas executadas no desenvolvimento do trabalho.

Conforme as etapas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, foi possível percorrer um caminho curto e simplificado, visto que não foram utilizadas etapas de exames adicionais e de execução das terapias, mesmo porque não é objetivo deste trabalho realizar exames laboratoriais sobre as propriedades físicas e químicas do material constituinte do edifício estudo de caso. Assim:

- I) Etapa: Essa trajetória foi iniciada com a vistoria do local e o levantamento do histórico do edifício. A vistoria consistiu na verificação dos efeitos das anomalias existentes utilizando os sentidos da visão, do olfato, da audição e do tato. O objetivo foi identificar e fotografar as manifestações patológicas existentes no sistema estrutural de concreto armado;
- II) Etapa: Descrição dos aspectos gerais das manifestações patológicas encontradas nos sistemas estruturais em concreto armado da edificação;

III) Etapa: Apresentação das hipóteses de causas prováveis das anomalias identificadas. As formulações dessas hipóteses foram baseadas na semelhança dos casos encontrados com aqueles citados pelos autores referenciados neste trabalho;

IV) Etapa: Realização da análise e conclusões do trabalho.

Vale mencionar algumas limitações encontradas no desenvolvimento do trabalho, merecendo destaque as informações incompletas referentes as etapas de execução da construção, a impossibilidade de obtenção de amostras através de processo destrutivo e a inexistência de projetos complementares.

3. Resultados

3.1. Escolha do edifício

O critério de escolha do edifício objeto de estudo partiu do quesito estrutural, ou seja, a definição do concreto armado como material constituinte do sistema estrutural e ter suas estruturas aparentes. Pois nestas condições seria possível identificar e analisar, a partir das visitas a campo e fotografias digitais, as eventuais manifestações patológicas.

Localizado na Rua Cyro Bueno, 55, no bairro Morumbi, o denominado Núcleo Morumbi (Figura 2) se refere a uma doação feita pelo Centro Específico de Formação e Aperfeiçoamento do Magistério – CEFAM, em 5 de outubro de 2005, para compor o conjunto de edifícios da Universidade Estadual Paulista – UNESP, campus de Presidente Prudente.



Figura 2 – Imagem externa do Núcleo Morumbi, Presidente Prudente.

O Núcleo Morumbi possui um terreno com área de 8.175 m², e área construída de 4.146 m². Foi inaugurado em 14 de janeiro de 1978, possuindo 38 anos de idade. A edificação em questão é constituída de dois pavimentos, a qual que possui estrutura em concreto armado (pilares, vigas, lajes maciças e

escadas), sendo as paredes de vedação constituídas de blocos de concreto sem revestimento na parte externa e em alguns pontos com aplicação de revestimento na área interna. O piso da edificação é de concreto desempenado tanto na área externa quanto na área interna, possuindo revestimento de placas cerâmicas somente em banheiros e áreas molhadas. A estrutura da cobertura é de madeira com telhas de fibrocimento.

Contudo, a predisposição da estrutura, ou de uma de suas partes, para apresentar manifestações patológicas pode ser originada durante a fase de projeto, de construção ou ser adquirida na fase de uso.

3.2. Manifestações patológicas identificadas

Com base nos dados de campo, as manifestações patológicas mais evidentes foram provenientes de fissuras, nichos, irregularidades geométricas, manchas escuras, exposição e corrosão da armadura, eflorescências e lixiviação. A seguir, na Tabela 1, serão apresentadas algumas das anomalias observadas.

Tabela 1 – Registro das manifestações patológicas identificadas.

Manifestações patológicas	Imagens obtidas <i>in loco</i>		
<p>1 Fissuras</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>	 <p>c</p>
<p>2 Nichos</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>	 <p>c</p>



Tabela 1 – Registro das manifestações patológicas identificadas. (continuação)

<p>4 Exposição e corrosão da armadura</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>  <p>c</p>
<p>5 Manchas escuras</p>	 <p>a</p>  <p>b</p>	 <p>c</p>  <p>d</p>
<p>6 Eflorescências e lixiviação</p>	 <p>a</p>	 <p>b</p>

3.3. Aspectos gerais e causas prováveis das manifestações patológicas

Pôde-se relacionar o levantamento dos aspectos gerais e as causas prováveis, Tabela 2, a partir dos dados de campo e do registro fotográfico realizado.

Tabela 2 – Aspectos gerais e causas prováveis das manifestações patológicas.

Manifestações patológicas	Aspectos gerais	Causas prováveis
1 Fissuras	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuração em grande parte da face do pilar, possivelmente na camada de recobrimento; • Fissuras horizontais paralelas aos estribos (fig.b); • Fissura vertical paralela às armaduras longitudinais (fig.c). 	<ul style="list-style-type: none"> • Seção insuficiente; • Armadura insuficiente; • Erro de cálculo; • Concreto de menor resistência que a indicada no projeto; • Excesso de carga • Erros de execução.

Tabela 2 – Aspectos gerais e causas prováveis das manifestações patológicas.
(continuação)

2 Nichos	<ul style="list-style-type: none"> • Vazios aparentes tanto em quinas como nas faces laterais; • Alguns pontos dos vazios contribuem no acúmulo de resíduos e água; • Percepção dos agregados graúdos sem envolvimento da argamassa; • Concreto sem homogeneidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Erro no lançamento e adensamento do concreto; • Erro no detalhamento da armadura; • Excesso de armadura que retém a brita deixando passar apenas a argamassa; • Dosagem excessiva de agregados graúdos; • Vibração excessiva do concreto.
3 Irregularidades geométricas	<ul style="list-style-type: none"> • Formação de “dentes” no prolongamento dos pilares; • Falta de continuidade do elemento; • Encurvamento na parte central do pilar (fig.a). 	<ul style="list-style-type: none"> • Má qualidade das fôrmas; • Falha de projeto; • Falha de execução.
4 Exposição e corrosão de armaduras	<ul style="list-style-type: none"> • Fissuração excessiva da camada de recobrimento na face do pilar (fig.a); • Pontos com exposição da armadura (fig.a); • Processo de corrosão da armadura exposta (fig.b e fig.c); • Perda de seção transversal das armaduras; • Descolamento de partes do concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concreto de baixa qualidade; • Concreto poroso por deficiência de vibração ou excesso de água; • Escasso recobrimento da armadura; • Utilização de agregados não puros; • Excesso de umidade; • Falta de controle no uso de aditivos.
5 Manchas escuras	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas esverdeadas; • Surgimento de bolor; • Proliferação de microrganismos; • Prejudica a estética da edificação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de água e infiltrações; • Alta permeabilidade do concreto; • Fissuras na superfície do concreto favorecendo a entrada de água presente; • Proliferação de fungos e bolores; • Percolação da água.
6 Eflorescências e lixiviação	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas brancas ao longo do elemento • Formação de estalactites brancas (fig.b); • Alteração da textura e coloração do concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de água e infiltrações; • Alta permeabilidade do concreto; • Fissuras na superfície do concreto favorecendo a entrada de água; • Percolação da água;

		<ul style="list-style-type: none"> • Dissolução e carreamento do hidróxido de cálcio existente no cimento por meio da ação da água; • Migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas.
--	--	--

4. Análise

Por meio das inspeções realizadas no Núcleo Morumbi, foi possível observar que as manifestações patológicas são diversas, e partem de fatores variados. Primeiramente, vale atentar ao fato de que parte dos elementos dos sistemas estruturais estudados (neste caso pilares e vigas) estão expostos às intempéries, e com isso, a deterioração dos materiais que compõem o sistema estrutural reagem com os agentes externos e acarretam, muitas vezes, anomalias. Portanto, é concebível considerar que estes fatores relacionados a um mau planejamento e/ou execução, acabam por acarretar as principais manifestações patológicas apresentadas no item 3.

Dentre as manifestações patológicas levantadas, os nichos de concretagem e segregações no concreto dos pilares estão particularmente ligados à execução e supervisão inadequada da concretagem das peças, e apresentam como causas prováveis: a baixa trabalhabilidade do concreto, insuficiência no transporte, no lançamento e no adensamento do concreto, além de alta densidade de armaduras.

As irregularidades geométricas também foram identificadas na estrutura analisada, principalmente na formação de “dentes” no prolongamento de alguns pilares da edificação, como também no caso de falta de prumo e encurvamento na parte central do pilar, enquanto que nas vigas foram identificadas variações na sua seção. Essas irregularidades podem ser relacionadas ao lançamento do concreto e às dimensões e posição (nivelamento e prumo) das formas, que não garantiram a geometria dos elementos estruturais projetados dentro das tolerâncias previamente estabelecidas. São ocasionadas principalmente por problemas de execução e, por ocorrerem em casos isolados, não apresentam grandes prejuízos para o funcionamento da estrutura.

No levantamento realizado, foram detectados problemas com fissuras existentes nos elementos analisados (pilares e vigas), e são pertinentes por ser

uma das anomalias que mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários, para o fato de que algo de anormal está a acontecer. De acordo com Souza e Ripper (1998), a caracterização da fissuração como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração.

Outra anomalia percebida foi a desagregação do concreto tanto nos pilares quanto nas vigas, esta manifestação patológica é caracterizada pela separação de partes do concreto, provocada, em geral, pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água (VITÓRIO, 2003).

Manchas escuras foram percebidas nos pilares e vigas, e podem ser causadas pelos seguintes fatores: deficiência dos dispositivos de drenagem, levando a ocorrência de infiltração e umidade, estimulando para que microrganismos se proliferem nos mesmos, implicando no surgimento de bolor, sendo agravado principalmente pela falta de manutenção nas estruturas. As manchas na superfície do concreto alteram a sua textura e uniformidade de coloração causando prejuízos estéticos, podendo ainda, gerar o desenvolvimento de problemas patológicos mais sérios.

As manchas brancas na superfície do concreto das vigas e a formação de estalactites são definidas como eflorescências e lixiviação, respectivamente; e essas alteram a uniformidade de coloração do concreto e sua textura, causando prejuízos estéticos, podendo ocasionar posteriormente na instalação de manifestações patológicas mais sérias. As principais causas que provocaram as eflorescências no concreto são devido à migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. Os depósitos acontecem quando os sais solúveis nos componentes da edificação são transportados pela água utilizada na construção, na limpeza ou vinda de infiltrações. Esses sais em contato com o ar se solidificam, causando depósitos, e então, originam as manchas esbranquiçadas (VITÓRIO, 2003). O processo de lixiviação ocorre na presença de água quando o concreto for mal adensado, e/ou estiver, por algum motivo,

fissurado ou apresentar juntas mal executadas, permitindo a penetração da água.

A manifestação patológica que mais se destacou, tanto pela quantidade quanto pela intensidade, foi à exposição e conseqüente corrosão de armaduras nos pilares e vigas. Essa anomalia teve suas causas prováveis associadas principalmente à utilização de um concreto de baixa qualidade, utilização de água ou agregados não puros, possíveis erros projetuais bem como erros de execução, durante a vibração do concreto e na execução do recobrimento da armadura, assim como uma manutenção precária desse concreto como outros problemas relacionados com as intempéries, como excesso de umidade e o contato com águas residuais.

Cabe ressaltar que o fenômeno da corrosão de armaduras é mais frequente do que qualquer outro fenômeno de degradação das estruturas de concreto armado, comprometendo-as tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista de segurança e sendo sempre dispendioso o seu reparo ou recuperação (SALIBA JUNIOR, 2008).

Foi possível perceber que os principais fatores da existência de tantas anomalias detectadas devem-se ainda a problemas encontrados nas diferentes fases da construção de uma edificação. Por se tratarem de anomalias que podem decorrer de falhas no projeto, na fabricação ou ainda na execução/montagem, a principal atenção deve ser tomada em cada uma dessas etapas, além de intensificar o uso de mão de obra qualificada e aumentar a efetividade na manutenção, fazendo com que, na maioria dos casos, medidas de reparo e/ou reforço não sejam necessárias.

6. Conclusão

Dos resultados apresentados, é possível perceber que a manifestação patológica mais ocorrente são as fissuras. Essas possuem conseqüências graves quando relacionadas à durabilidade das estruturas de concreto armado, pois são veículos de entrada de água e agentes agressivos para o interior da massa, e com isso, acarretam em patologias mais sérias, como por exemplo, a desagregação do concreto e a corrosão de armaduras.

As manchas escuras também são encontradas em vários elementos analisados, sendo importante ressaltar que, mesmo não apresentando grandes riscos para o bom funcionamento do sistema como um todo, podem acarretar no desenvolvimento de problemas patológicos mais sérios, ou intensificar aqueles já existentes.

O processo de corrosão de armaduras foi a anomalia que mais chamou a atenção, tanto pela quantidade de elementos com esse tipo de manifestação patológica, como também pela situação crítica em que alguns desses elementos já se encontravam.

Em menor proporção observou-se os nichos e as irregularidades geométricas dos elementos estruturais, trata-se de manifestações patológicas que precisam da mesma forma como as abordadas anteriormente, de cuidados e recuperação para não se agravarem com o passar do tempo.

Percebeu-se também o processo de lixiviação em vigas, que pode ser entendido como a dissolução e o carreamento do hidróxido de cálcio existente no cimento por meio da ação da água. Com isso, ocorrem eflorescências de carbonato e redução do pH do concreto. Este fenômeno ocorre, normalmente, quando o concreto foi mal adensado, e/ou esteja, por algum motivo, fissurado ou apresente juntas mal executadas, permitindo a penetração da água.

Através deste estudo e das análises realizadas, é possível afirmar que muitas das manifestações patológicas detectadas poderiam ter sido minimizadas, e até mesmo evitadas, caso houvesse maior controle das etapas do processo construtivo, e que ao serem associadas a uma efetiva manutenção das estruturas de concreto armado, poderiam proporcionar maior qualidade e vida útil aos elementos estruturais.

Desta forma, foi possível constatar que o principal fator da existência de tantos problemas detectados deve-se, predominantemente, à falta de manutenções adequadas as estruturas, que não são realizadas de forma constante e preventiva, contribuindo para o aparecimento das manifestações patológicas, como também para o aumento do grau e intensidade delas, acarretando na necessidade de processos de reparos e reestruturação, afetando o funcionamento da edificação e levando a um gasto financeiro maior do que se houvesse uma prevenção efetiva e constante.

Por fim, anseia-se que esse trabalho possa expor a projetistas, construtores e usuários, os problemas patológicos que podem ocorrer em estruturas de concreto armado quando estas não recebem os cuidados e procedimentos necessários para seu funcionamento ideal, e com isso, proporcionar maior atenção e consciência por parte desses, a fim de que se atentem para as precauções e especificações de procedimentos a serem tomadas para a construção, como também para a utilização de uma estrutura.

7. Referências

BROTO, C. **Enciclopedia broto patologías de la construcción**. Barcelona: Links Internacional, 2005. 1396 p. Disponível em:

<http://higieneysseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/07/enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion.pdf>. Acesso em: 11 de Setembro de 2014.

KLIMPEL, E. C.; SANTOS, P. R. C. **Levantamento das manifestações patológicas presentes em unidades do conjunto habitacional Moradias Monteiro Lobato**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Patologia nas Obras Civis) – Instituto IDD, Curitiba, 2010, 98p.

SALIBA JUNIOR, C. C. **Técnicas de recuperação de estruturas de concreto armado sob efeito da corrosão das armaduras**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2008.

SANTOS, M. R G dos. **Deterioração das estruturas de concreto armado – Estudo de caso**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte / MG, 2012.

SOUZA, V. C. M.; Ripper, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998, 255p.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil**. Boletín Técnico. ALCONPAT Internacional, Mérida – México, 2013.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliação e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.