Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

INSPEÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO LOCALIZADA NA REGIÃO CENTRAL DE RECIFE- PE ESTUDO DE CASO

J. R. FERREIRA
Engenheira
Universidade de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
r.alves104510@hotmail.com

P. F. S. CHAVES
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
prychaves@hotmail.com

R. A. BERENGUER
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
templarios_pm@hotmail.com

E. C. NASCIMENTO
Estudante
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
elivelthoncarlos@yahoo.com.br

E. C. B. MONTEIRO
Drª. Professora
Universidade Católica de Pernambuco
Pernambuco; Brasil
eliana@poli.br

RESUMO

O termo manifestação patológica é usado na construção civil quando ocorre a perda ou queda do desempenho da estrutura. Tais manifestações podem ter sua origem em falhas nos projetos, na execução, nos materiais utilizados, ou mesmo na própria utilização. Este trabalho tem como foco a inspeção de um edifício, o qual apresenta manifestações patológicas em sua estrutura, sendo muitas em um estado já avançado de deterioração. Observou-se, a partir de uma inspeção visual, a presença de manifestações como corrosão de armaduras, recalque diferencial, fissuras e manchas. Os ensaios realizados "in situ" comprovaram a existência de indicadores da profundidade de carbonatação e cloretos totais, causadores da corrosão. Considerando esta situação, tornou-se imprescindível a recuperação da estrutura. Pelo fato de os usuários só perceberem a necessidade de manutenção e inspeção após o aparecimento dos problemas, a recuperação a ser realizada apresenta um custo desnecessário.

Palavras-chave: Patologia, estrutura, manifestações, manutenção, inspeção, recuperação.

ABSTRACT

The term "pathological manifestation" is used in civil construction when there is a loss in structural performance. These manifestations may have their origins in project flaws, project execution, used materials, or in the manifestation use itself. This work has it focus in the inspection of a building that presents pathological manifestations in its structure, some of these in a very advanced deterioration state. It was noticed, through visual inspection, the presence of manifestations as such armour corrosion, differential settlement, cracks and stains. The in situ test made, confirmed the existence of carbonation depth and total chlorides indicators, responsible for the corrosion. Considering this situation, structural recovery was indispensable. The fact that the users only noticed the need of maintenance and inspection after the problems appeared, the recovery has to be performed an unnecessary cost.

Keywords: Pathology, structure, manifestations, maintenance, inspection, recovery.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

1. INTRODUÇÃO

A utilização do concreto armado no Brasil teve início no século XX e intensificou-se na década de 50. Suas características eram avaliadas quanto à resistência mecânica, visto que não havia um desenvolvimento tecnológico para análise de seu comportamento.

Diante disso, com o envelhecimento das estruturas e o surgimento de problemas, iniciaram-se os estudos sobre as causas, prevenção e recuperação destes problemas, denominados de patologia das construções.

As manifestações patológicas estão relacionadas com o desempenho das edificações, condições de exposição, durabilidade e vida útil. Quando tais sintomas são encontrados em qualquer estrutura, o usuário deve procurar soluções que proporcionem segurança e estabilidade.

A presente pesquisa tem como objetivo um estudo de caso sobre a inspeção de um edifício, abordando as manifestações patológicas encontradas e como evitar tais problemas, além de incentivar a inspeção preventiva das edificações, visando o aumento da vida útil e diminuição das incidências de estruturas deterioradas. Visto que vários edifícios apresentam, em pouco tempo de construídos, manifestações patológicas, interdições e até mesmo chegando ao colapso da estrutura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manifestações patológicas

O termo patologia é empregado na engenharia civil quando ocorre perda ou queda de desempenho de componente da estrutura. Se alguma manifestação comprometer as características da construção, seja ela mecânica, funcional, ou simplesmente estética, deve ser considerada uma manifestação patológica [1].

A origem dos problemas pode estar no projeto, onde devem ser considerados pelos projetistas, além das solicitações mecânicas, as questões de durabilidade, condições do meio no qual a construção estará exposta, cobrimento necessário e relação água/cimento do concreto; nos materiais, que devem possuir especificações e serem controlados rigidamente, principalmente aqueles que compõem o próprio concreto (o cimento, os agregados, a água e os aditivos); na produção, que é responsável pelo surgimento da maioria das manifestações patológicas, pois falhas de concretagem, desforma antes do tempo, cobrimentos insuficientes, entre outros geram grandes danos à estrutura; no uso e manutenção, pois a partir da entrega o usuário torna-se responsável pelos cuidados, utilizando a edificação de forma correta e principalmente realizando manutenções periódicas.

2.1.1 Corrosão das armaduras

A corrosão das armaduras que ocorre nas estruturas de concreto é um processo de deterioração da fase metálica existente, que implica progressivamente a perda de seção das barras de aço. Este processo é resultado da despassivação da armadura, que ocorre por dois motivos: presença de cloretos ou diminuição da alcalinidade do concreto causada pela carbonatação. [1]

A presença de cloretos na armadura se dá devido a vários fatores, onde segue-se alguns dos itens: uso de aceleradores de pega que contêm cloreto de sódio, impurezas nos agregados, atmosfera marinha, processos industriais, água do mar, etc. Os íons cloreto penetram no concreto somente com a presença de água, por difusão ou capilaridade. Fundamentalmente, a água pode infiltrar através de trincas e fissuras, poros do material ou ainda por falhas que este material possua.

Já a carbonatação é uma reação química entre, principalmente, o gás carbônico e elementos alcalinos do concreto. É uma neutralização da fase líquida do concreto que ocorre devido à presença de gás carbônico ou dióxido de enxofre ou gás sulfídrico. Como resultado dessa reação tem-se uma redução do pH do concreto (que está entre 12,6 e 13,5) para valores em torno de 9. A reação ocorre na superfície e avança para o interior do concreto até encontrar o aço, dando início a corrosão [1].

É importante observar que nem sempre quando as armaduras são corroídas, obrigatoriamente, há o aparecimento de fissuras. Eventualmente, podem surgir manchas avermelhadas produzidas pelos óxidos de ferro. Quando isso acontece, as estruturas são afetadas basicamente pela perda de seção das armaduras e pelo comprometimento da aderência entre o aço e o concreto.

O processo de corrosão é crescente e evolutivo, e possui a tendência de se agravar com o passar do tempo. No seu estágio mais avançado, compromete a estrutura de concreto armado, podendo até causar o seu colapso.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.1.2 Recalque diferencial

O termo recalque define o processo que acontece quando uma edificação sofre um rebaixamento ocasionado pelo adensamento do solo sob sua fundação. Este problema é a principal causa de fissuras e rachaduras nas construções, principalmente quando ocorre o recalque diferencial, que se caracteriza pelo fato de uma parte da obra rebaixar mais do que a outra, o que gera esforços estruturais que não estavam previstos na elaboração do projeto, podendo ocasionar o colapso na estrutura [2].
Sendo assim, a realização de projetos de fundação deve ser precedida de um estudo detalhado das características geológicas e geotécnicas da área, como também o conhecimento da existência de manifestações patológicas nas construções vizinhas, para evitar a ocorrência de recalques.

2.1.3 Fissuras

As fissuras são um tipo comum de manifestação patológica nas edificações e podem interferir na estética, na durabilidade e nas características estruturais da obra [3].
Tanto em alvenarias quanto em estruturas de concreto, a fissura é originada por conta da atuação de tensões nos materiais. Quando a solicitação é maior do que a capacidade de resistência do material, a fissura tem a tendência de aliviar suas tensões. Quanto maior for a restrição imposta ao movimento dos materiais, e quanto mais frágil ele for, maiores serão a magnitude e a intensidade de fissuração.
A maior ocorrência de fissuras está relacionada com aspectos não estruturais. O concreto, por ser um material de baixa resistência a tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas superarem a sua resistência última à tração.
O primeiro passo na análise de uma estrutura fissurada é o mapeamento e classificação das fissuras. As fissuras se classificam em ativas, quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura, e inativas ou estáveis, quando a causa não atua mais sobre a estrutura [1] e [3].
Feito o mapeamento, a próxima etapa é a determinação de suas causas, de forma a poder-se estabelecer as metodologias de recuperação ou de reforço.

2.2 Inspeção de estruturas de concreto

Quando se encontra alguma anomalia em uma estrutura, inicia-se o período de inspeção para diagnosticar a causa, realizada por um profissional da área de engenharia civil através de estudos e ensaios. Tais ensaios devem ser realizados cuidadosamente, pois qualquer erro pode mascarar os resultados. Este processo é fundamental para uma intervenção que proporcione a reabilitação da construção [4].

2.2.1 Metodologia de inspeção

A avaliação de manifestações patológicas em estruturas pode-se dividir em quatro atividades principais, segundo [5]. São elas:
a) Vistoria da estrutura (inspeção visual): é o contato inicial do profissional com a estrutura, é nessa fase que são levantadas todas as informações relevantes como idade da estrutura, processo construtivo, projeto estrutural, condições de exposição, etc.
b) Anamnese do problema: descrição do tempo em que o problema vem ocorrendo, possíveis reparos já realizados, locais predominantes da ocorrência das manifestações patológicas e análise do processo evolutivo, ou seja, devem ser avaliados todos os fatores que possam estar contribuindo para a ocorrência dos problemas.
c) Definição das ações para investigação: é o planejamento da investigação do problema, podendo envolver a realização de ensaios para assegurar um adequado diagnóstico. É fundamental que se conheça em detalhes a metodologia de ensaio a ser empregada com intuito de evitar erros ou incertezas dos resultados.
d) Diagnóstico das causas prováveis: elaboração de laudo técnico contemplando descrição das etapas anteriores, análise dos resultados obtidos nos ensaios e investigações, descrição das causas para a ocorrência do problema e prognóstico da sua evolução.
A partir do diagnóstico, o projetista determina o nível de intervenção a ser utilizada na estrutura, que pode ser desde um simples reparo ou conserto localizado, até a necessidade de demolição e reconstrução.

2.2.2 Ensaios de inspeção

Para a inspeção da estrutura que apresente comportamento inadequado, podem ser utilizados ensaios não destrutivos ou ensaios destrutivos. O primeiro, como o próprio nome já diz, não traz prejuízos a estrutura e tem como finalidade a

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

averiguação da qualidade do elemento de concreto que tenha sofrido qualquer tipo de alteração; já o segundo, é feito através da extração de testemunhos dos elementos e ainda são considerados a forma mais segura de avaliar as características do concreto, mesmo provocando danos à estrutura.
Na realização do diagnóstico da corrosão das armaduras, é feita uma inspeção preliminar e uma detalhada. A primeira é constituída de um exame visual para caracterizar os sintomas e pequenos ensaios que permitam demarcar o problema, onde são obtidas informações como: presença de manchas de produtos de corrosão, cor desses produtos, aspectos morfológicos do ataque (se corrosão localizada ou generalizada), presença de fissuras, etc. A segunda tem por objetivo quantificar a extensão da deterioração e caracterizar elementos da estrutura (exige uma ampla campanha de ensaios).
Para identificação dos agentes que iniciaram a corrosão, é necessário avaliar a frente de carbonatação e a presença de cloretos livres. A partir disso, pode-se concluir por qual motivo ocorreu a despassivação da armadura [5].

2.2.3 Avaliação da frente de carbonatação no concreto utilizando fenolftaleína

Para avaliar a profundidade de carbonatação do concreto, utilizam-se indicadores como a fenolftaleína, a timolftaleína ou o amarelo de alizarina, que são borrifados no concreto. Essas substâncias químicas, quando em contato com a solução alcalina do concreto, adquirem colorações típicas a partir de uma determinada faixa de pH da solução. A fenolftaleína adquire coloração vermelha carmim com pHs acima de 8,0, a timolftaleína assume coloração violeta com pHs acima de 9,3 e o amarelo com valores acima de 10,1. A parte da peça que ficou incolor significa que está carbonatada.
No caso da avaliação no local (in situ), os pontos onde será realizada a medição devem ser bem selecionados. Escolhido o local para realização do ensaio, quebra-se o concreto até encontrar a armadura. Em seguida, é feita uma limpeza para remover as partículas soltas e então, utilizando um borrifador com solução alcoólica de fenolftaleína, molham-se as superfícies e observa-se a sua coloração. O local onde houver carbonatação apresenta-se incolor, e onde não existir, apresentará uma coloração rosada, sendo possível medir a profundidade de carbonatação na transição de uma zona para outra.
Para melhor entendimento, a figura 1 mostra a reação da fenolftaleína quando borrifada em um corpo de prova. Fica evidente o avanço da frente de carbonatação, região incolor, de fora para dentro da peça. A região rosada significa um pH acima de 8 [7].



Figura 1: Aplicação do indicador fenolftaleína

2.2.4 Avaliação da presença de cloretos no concreto utilizando nitrato de prata

Para análise da presença de cloretos livres no concreto, utiliza-se a solução de nitrato de prata, onde a metodologia é a mesma realizada no ensaio com a fenolftaleína. Quando aspergido na superfície de concreto, ocorre uma reação fotoquímica (necessita da presença de luz). Havendo a presença de cloretos livres, ocorre a formação de precipitados brancos de cloreto de prata. Caso estejam combinados, há a formação de precipitados escuros de óxido de prata.
Quando o concreto está carbonatado ou possui outros sais, como o sulfato por exemplo, a coloração esbranquiçada pode ser resultante da reação com os carbonatos ou sulfatos, o que limita a capacidade do indicador como avaliador exclusivo da presença de cloretos. Porém, apesar das limitações, o método é interessante como uma forma inicial de abordagem do problema, devido ao seu rápido resultado e baixo custo de realização [8].

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.2.5 Mapeamento de fissuras

Tem como objetivo localizar e documentar as características deste tipo de anomalia, de modo que a sua monitoração seja possível. A inspeção desta manifestação patológica tem por finalidade medir as aberturas e comprimentos das fissuras e avaliar a sua manifestação, pois estes dados são imprescindíveis não só para o conhecimento da causa, mas também para a escolha do material que deverá ser utilizado para recuperação da estrutura.
Para a avaliação da abertura das fissuras, pode-se utilizar um fissurômetro, já a classificação da fissura (se passiva ou ativa) pode ser feita através do selo de gesso. Este selo é aderido às paredes laterais da fissura, fazendo com que, devido à baixa resistência à tração do gesso, qualquer movimentação da estrutura rompa o gesso. Outro método de classificar as fissuras é a utilização de uma fita crepe, pouco utilizada pela imperfeição e pelo material que pode suportar pequenos deslocamento sem romper como mostra na figura 2, o mais utilizado é o metodo do gesso [5].



Figura 2: Avaliação de movimentação de fissuras.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Descrição da edificação

O edifício em estudo é constituído por dois blocos de 17 pavimentos cada, sendo 14 de apartamentos (dois por andar), um de garagem, um de pilotis e um de salão de festas, totalizando 56 apartamentos residenciais.
A estrutura é de concreto armado, com fundação profunda (estacas com profundidade em torno de 25m), possui 75 pilares principais (fazem parte da estrutura) e 54 pilares secundários (não fazem parte da estrutura).
Os pilares secundários são ligados a estrutura apenas por meio de um dente gerber (figura 3), cuja função é sustentar a laje superior. Esta laje serve como área de lazer e contorna toda a edificação. Nesse tipo de viga com dente gerber, os esforços não são transmitidos para a outra peça.



Figura 3: Viga com dente gerber

3.2 Histórico da edificação

A edificação possui aproximadamente 40 anos de construção. Nesses anos não houve, segundo alguns moradores, nenhuma inspeção preventiva, nem manutenções periódicas, como por exemplo, uma limpeza de fachada ou pinturas de proteção no concreto. Houve sim, manutenções corretivas. Em 2006, devido a problemas de fissuras e corrosão da

armadura, a fundação principal foi reforçada, onde uma nova malha de armadura e um aumento de cobrimento foram realizados.
O projeto inicial do edifício não contemplava a laje de cobertura da garagem, que serve como área de lazer, como pode-se observar na figura 4. Porém, os proprietários decidiram ainda durante a execução da obra, que fosse efetuada. Os pilares secundários, que já haviam sido construídos com blocos de 1m² em fundação direta, não foram alterados.
Ao passar dos anos, alguns moradores notaram que estava havendo um recalque no piso e nos pilares secundários. Sendo assim, a construtora foi chamada e foi dado início a uma obra de alteração da fundação desses pilares. Contudo, as estacas colocadas foram de profundidade insuficiente para ultrapassar o solo de baixa resistência (cerca de 6 metros de comprimento). Recentemente, foi constatado que os recalques ainda continuam, e em leituras realizadas em 2008 constataram deslocamentos de até 59 cm nas proximidades da junta de dilatação transversal do edifício.
Em outra inspeção realizada, também em 2008, foram diagnosticados graves problemas de corrosão de armaduras e fissuras na estrutura principal, além dos recalques já comentados da estrutura secundária, havendo, portanto, a necessidade de realizar-se uma nova obra de recuperação e reforço do edifício.
Ciente dessa necessidade, a síndica, com aprovação dos outros usuários, contratou uma empresa para realização desta obra, e a mesma teve seu tempo de duração estimado de 36 meses.



Figura 4: Laje da área de lazer

3.3 Manifestações patológicas

Em inspeção visual realizada no dia 26 de março de 2011, foram relacionadas algumas patologias encontradas na edificação. A principal causa da maioria das patologias é a falta de impermeabilização da laje de coberta da garagem.
Áreas descobertas exigem a utilização de elementos de impermeabilização compatíveis com as solicitações a que permanecerão submetidas, de acordo com a vida útil prevista para o material. Quando essa vida útil é expirada e não são tomadas ações corretivas, a estrutura fica em contato permanente com a água, a qual começa a provocar lixiviação dos componentes do concreto (hidróxidos, sais), tornando-o susceptível à ocorrência de manchamentos. A exposição da armadura à água, juntamente com a lixiviação, facilita a penetração de agentes agressivos que podem iniciar e acelerar a sua oxidação.

3.3.1 Manchas de umidade, lixiviação, lodo e fungos

Nas figuras 5 e 6, fica claro que não há impermeabilização na laje superior da garagem. A grande presença de fungos, lodo e as manchas de umidade confirmam a penetração constante de água pela laje. A mancha rosada que aparece em algumas fotografias é devido à lixiviação do saibro, presente no revestimento da estrutura.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 5: Presença de logo e fungos entre as fissuras.



Figura 6: Presença de lodo e manchas de umidade.

Alguns locais são propícios a fissurarem, portanto o cuidado em impermeabilizá-los deve ser maior. Na figura 6, pode-se perceber uma fissura ortogonal a viga gerber, onde existe o encontro da estrutura principal com a secundária. Nesse local existe uma junta de trabalho, pois são duas estruturas distintas. A falta de impermeabilização e a junta existente facilitam a passagem da água, como mostra a figura 7.



Figura 7: Lixiviação e manchas de umidade.

3.3.2 Manchas de corrosão

O primeiro sintoma da corrosão de armaduras é o manchamento da superfície de concreto. Além de esteticamente feio, um concreto nessas situações serve de alerta, pois quanto mais rápido o controle da corrosão menor o custo do conserto. A figura 8 é um exemplo de manchas causadas por corrosão na obra estudada.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 8: Manchas de corrosão e lixiviação do saibro

3.3.3 Armaduras expostas devido à corrosão

Presente tanto nos pilares, como nas vigas e lajes, a corrosão das armaduras é o problema mais grave da edificação, pois várias peças já estão com suas funcionalidades comprometidas. Perda de aderência, redução de seção da armadura, estribos rompidos, destacamento do concreto e inúmeras fissuras tem como principal causa a corrosão.
Por ser uma região que não recebe influência direta dos íons cloretos (à 2 km de distância da atmosfera marinha), as altas umidades no interior da garagem (ambiente parcialmente fechado) juntamente com as infiltrações, provocaram a corrosão das armaduras. As figuras 9 e 10 são exemplos de vigas e pilares da estrutura que apresentam elevado grau de corrosão, com perda de seção e de aderência. A princípio, pelo que se observa nas fotos, a principal causa dessa corrosão é a despassivação da armadura por carbonatação.



Figura 9: Manchas de corrosão e destacamento do cobrimento.



Figura 10: Viga com elevado grau de corrosão

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Na figura 10, nota-se que a armadura apresenta uma pintura anticorrosiva. A proteção das armaduras com esse tipo de pintura deve ser precedida de uma limpeza por todo o seu diâmetro, inclusive na parte interna, com escova de aço. Possivelmente, este tratamento não foi realizado corretamente, pois o concreto está com resíduos de tinta, significando que não ocorreu uma limpeza por trás da ferragem.

3.3.4 Recalque diferencial

Os pilares secundários da estrutura periférica continuam recalcando. Grande parte das fissuras encontradas na edificação tem como causa o recalque diferencial desta estrutura secundária. Na figura 11 é visível a diferença de nível existente no piso e no teto da garagem.



Figura 11: Recalque dos pilares secundários

3.3.5 Fissuras

Várias fissuras foram encontradas na estrutura (figuras 12 e 13). Dentre as principais causas conhecidas, pode-se destacar a corrosão das armaduras e o recalque diferencial.



Figura 12: Viga com fissura devido à corrosão.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

No caso da figura 12, quando a fissura tem o mesmo sentido da armadura, provavelmente a sua causa é a corrosão. Várias fissuras como esta foram encontradas na estrutura do edifício.



Figura 13: Fissura causada devido ao recalque diferencial

4. ENSAIOS E RESULTADOS

Para comprovar a corrosão das armaduras e suas causas, foi feito o ensaio com fenolftaleína e nitrato de prata, indicadores de carbonatação e de cloretos livres, respectivamente. Os ensaios foram realizados em quatro pilares da edificação, sendo que dois para fenol e dois para nitrato.
Durante a realização dos ensaios, foi constatado que o cobrimento da armadura estava insuficienten [6], em todos os pilares estudados. A classe de agressividade nesta região é moderada, com cobrimento de 25 mm para lajes e de 30 mm para pilares [6]. Como se pode ver na figura 14, o cobrimento menor que 1 cm.



Figura 14: Cobrimento inadequado

Para a realização do ensaio, foi preciso quebrar o concreto do pilar, até encontrar a ferragem, onde foi feita uma limpeza para a remoção de impurezas e então, borrifado o indicador.

4.1 Frente de carbonatação

No primeiro pilar ensaiado com fenolftaleína, notou-se total avanço da frente de carbonatação, pois praticamente não houve reação. Portanto, todo o pH está abaixo de 8, conforme a figura 15.
Já no segundo pilar (figura 16), nota-se uma região de pH alcalino no centro da peça. Porém, devido ao cobrimento menor de um lado, a frente já atingiu a armadura.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 15: 1º pilar totalmente carbonatado.



Figura 16: 2º pilar parcialmente carbonatado.

4.2 Cloretos livres

Em ambos os pilares ensaiados com nitrato de prata, verificou-se, como pode ser visto na **figura 17 a** e **b**, presença de precipitados brancos, indicadores de cloretos livres. Na figura 17 b, percebe-se a presença de corrosão localizada (pites). Apesar de não tão visível quanto à carbonatação, sabe-se que, em menores proporções, existem cloretos livres em partes da estrutura.

a **b**



Figura 17: Corrosão por cloretos livres, precipitados brancos.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

4.3 Resultados

A partir dos ensaios realizados, ficou evidenciado o grande avanço da frente de carbonatação em partes da estrutura devido a umidade no interior da garagem, lixiviação do concreto e constante presença de água. Aliado a esses fatores propícios ao avanço da carbonatação, está a falta de manutenções e inspeções preventivas.
A presença de cloretos livres também foi evidenciada nos ensaios, além do que, em concretos carbonatados, o ingresso de íons cloreto é acelerado em até 100%.

5. CONCLUSÕES

Dentre as manifestações patológicas encontradas nesta edificação, a corrosão e o recalque são as mais preocupantes, pois caso não sejam combatidos, tendem a se agravar cada vez mais. O recalque, apesar de não fazer parte da estrutura principal do prédio, pode ocasionar desmoronamentos e acidentes graves.
Diante de tais situações, fez-se necessário uma recuperação e reforço da estrutura principal, com limpeza das barras com corrosão, substituição daquelas com mais de 10% da seção perdida, reposição de estribos, etc. Durante a execução da obra, aparecerão outros pilares, vigas e lajes comprometidas, que ainda não estavam expostas. A estrutura secundária será modificada, com estacas de 20 metros de profundidade e novos blocos. Para uma garantia dos serviços, é de fundamental importância a qualidade dos materiais utilizados.
Entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador.
Portanto, cabe aos usuários perceberem a importância da realização de manutenções e inspeções, a fim de evitar maiores custos no futuro. Um exemplo real disso é a obra estudada. Nunca foram realizadas inspeções, o que acarretou em uma grande obra de recuperação e reforço, com custos em torno de R$ 20.000,00 por apartamento e duração mínima de 36 meses dos serviços. O edifício estudado ainda encontra-se em reforma para solucionar os problemas estruturais.

6. REFERÊNCIAS

[1] RIBEIRO, Daniel Verás et al. Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise. Rio de Janeiro: Campus, 2014. 246 p.
[2] GUSMÃO, Alexandre Duarte. Desempenho de Fundações de Edifícios. Curitiba, XIII COMBRASEG, Anais, 2006.
[3] CORSINI, Rodnei. Trinca ou Fissura? Como se originam, quais os tipos, as causas e as técnicas mais recomendadas de recuperação de fissuras. Revista Téchne nº 160. Julho, 2010.
[4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16230: Inspeção de estruturas de concreto — Qualificação e certificação de pessoal — Requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro, 2013. 19 p
[5] DYER, Thomas. A durabilidade do concreto. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2015. 536 p.
[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 238 p.
[7] WERLE, Aldo. Carbonatação do concreto - fenolftaleína. 2012. Disponível em: <http://aldowerle.blogspot.com.br/2012/09/carbonatacao-do-concreto-fenolftaleina.html>. Acesso em: 08 jan. 2016.
[8] FRANÇA, Clério Bezerra de. Avaliação de cloretos livres em concretos pelo método de aspersão de solução de nitrato de prata. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Pró-reitoria Acadêmica, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2011. Cap. 3. Disponível em: <http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=627>. Acesso em: 08 jan. 2015.