

STUDY OF PATHOLOGIES, RECOVERY AND STRENGTHENING OF ARMED CONCRETE STRUCTURES.

ESTUDO DE PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO DE CONCRETO ARMADO
ESTUDIO DE PATOLOGÍAS, RECUPERACIÓN Y REFUERZO DE HORMIGÓN ARMADO

Fagner Gonçalves de Sousa ¹

Paulo Ricardo Alves dos Reis Santos²

Otávio Augusto Alencar Dias Carneiro Câmara³

Rafaela Nascimento Rodrigues ⁴

Maysa Krysty Albuquerque Lacerda⁵

DESCRIPTORS

Reinforced concrete.
Pathologies. Structural
reinforcement.

DESCRITORES

Concreto reforçado.
Patologias. Reforço
estrutural.

DESCRIPTORES

Concreto reforzado.
Patologías. Refuerzo
estructural.

ABSTRACT:

This article aimed to make an exposition, through a bibliographical review, of the main pathologies and their forms of repair, which affect reinforced concrete structures. We can highlight that the structures suffer degradation not only due to human failures that come from the conception and execution of the work, but also due to the interaction with the environment in which the structure is inserted. It is noteworthy that a well-detailed project, the use of appropriate materials and qualified professionals, in addition to complying with technical standards, are essential to prevent the emergence of these manifestations. Thus, this work sought to present the causes, mechanisms and symptoms of damaged structures, suggesting the most usual preventive measures for the recovery of structures and their execution. At the end, two types of reinforcement of structures will be presented, which are the method by increasing the section and by incorporating sheet metal, highlighting its strengths and limitations.

RESUMO:

Este artigo teve como objetivo fazer uma exposição, através de revisão bibliográfica, das principais patologias e suas formas de reparo, que acometem as estruturas de concreto armado. Podemos destacar que as estruturas sofrem degradação não só por falhas humanas que vem desde a concepção e execução da obra, tal como pela interação com o meio ambiente na qual a estrutura está inserida. Vale ressaltar que um projeto bem detalhado, uso de materiais adequados e profissionais qualificados, além da obediência às normas técnicas, são essenciais para evitar o surgimento dessas manifestações. Assim esse trabalho buscou apresentar as causas, mecanismos e sintomas de estruturas danificadas, sugerindo as medidas preventivas mais usuais para recuperação das estruturas e sua execução. Ao final, será apresentado dois tipos de reforço de estruturas que são o método por aumento de seção e por incorporação de chapas metálicas destacando seus pontos positivos e suas limitações.

RESUMEN:

Este artículo tuvo como objetivo hacer una exposición, a través de una revisión bibliográfica, de las principales patologías y sus formas de reparación, que afectan a las estructuras de hormigón armado. Podemos destacar que las estructuras sufren degradación no solo por fallas humanas que provienen de la concepción y ejecución de la obra, sino también por la interacción con el medio en el que se inserta la estructura. Cabe mencionar que un proyecto bien detallado, el uso de materiales adecuados y profesionales calificados, además del cumplimiento de las normas técnicas, son fundamentales para prevenir la aparición de estas manifestaciones. Así, este trabajo buscó presentar las causas, mecanismos y síntomas de estructuras dañadas, sugiriendo las medidas preventivas más comunes para la recuperación de estructuras y su ejecución. Al final se presentarán dos tipos de refuerzo de estructuras, que son el método por aumento de sección y por incorporación de chapa, destacando sus fortalezas y limitaciones.

¹ Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão Caxias, Maranhão Brasil. fagnersousare1234@gmail.com

² Engenheiro Civil. Docente do Curso de Engenharia Civil. Mestre em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Piauí - IFPI. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão - UNIFACEMA. Caxias, Maranhão -Brasil E-mail: pauloricardo.ars@gmail.com

³ Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão Caxias, Maranhão Brasil. E-mail: otavioj2010@gmail.com

⁴ Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão Caxias, Maranhão Brasil. E-mail: rafaelanascimento36@gmail.com

⁵ Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão Caxias, Maranhão Brasil. E-mail: maysakrysty@gmail.com

⁶ Discente do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil. Centro Universitário de Ciência e Tecnologia do Maranhão Caxias, Maranhão Brasil. E-mail:

1. INTRODUÇÃO/CONSIDERAÇÕES INICIAIS



Para Bastos (2006), o concreto armado é resultante da união entre o concreto simples a um material resistente à tração envolvido ao concreto, de tal modo que ambos resistam de forma solidária aos esforços solicitantes.

O concreto é um dos materiais mais empregados na construção civil, devidos a seus diversos fatores benéficos que vão desde a proporcionar vida útil longa às estruturas a um custo relativamente baixo, isso se deve por sua abundância em todos além de sua fácil execução.

A evolução tecnológica dos materiais alinhado a novas técnicas de execução de forma cada vez mais rápida, gerou o declínio da qualidade na construção civil, tendo como consequência a origem de inúmeras manifestações patológicas. Segundo Arivabene (2015), Patologia tem origem no grego (pathos- doença e logia - estudo, ciência), significando “estudo da doença”. Na construção civil, está relacionado aos estudos da origem, causa e as consequências desses problemas, que podem afetar a qualidade de uma edificação.

Ao sofrerem deterioração, as estruturas de concreto têm tanto o seu aspecto estético quanto a sua capacidade resistente comprometidos, podendo resultar no seu colapso. Além disso, estas estruturas também são prejudicadas no que diz respeito ao atendimento dos requisitos básicos de desempenho, durabilidade e vida útil desejados (SANTOS, 2012).

Essas manifestações patológicas

podem ser simples ou complexas, podendo serem visualizados em poucas horas ou até mesmo anos após sua execução, cabendo a cada tipologia uma espécie de reparo ou reforço específico. Conciliando o frequente avanço tecnológico no setor da construção civil junto ao conhecimento existente dos fatores degradantes que atuam nas edificações, torna-se possível constatar com perfeição a grande parte desses problemas patológicos (HELENE, 2003).

através de dimensionamento a partir de um modelo teórico sobre sapatas utilizando-se de apoios indeslocáveis e de apoios deslocáveis gerando assim a interação solo estrutura, onde foram comparados os resultados relacionados à carga na fundação, a análise do comportamento estrutural global em relação ao momento fletor e deslocamento e por fim analisou-se que mesmo em edificações de pequeno porte, o uso da ISE é importante para melhores resultados e para obtenção de estruturas mais otimizadas.

2. METODOLOGIA



Este trabalho foi baseado em uma pesquisa bibliográfica para atingir o seu objetivo. O levantamento bibliográfico foi realizado com base em teses, dissertações, livros, artigos, monografias, meios eletrônicos, entre outras fontes, com o propósito de fornecer o embasamento teórico.

A Revisão de literatura é um procedimento de investigação, apreciação e exposição de um corpo de informação que procura responder uma questão específica, ponderando sobre todo o material relevante,

incluindo livros, artigos, registros, relatórios, teses, dissertações e demais categorias de obras publicadas (MARCONI; LAKATOS, 2018).

Para Santos (2000) as pesquisas podem ser descritas segundo os objetivos, e os métodos de recolhimento, ou ainda, segundo as fontes utilizadas na coleta de dados. O modelo de pesquisa científica empregada conforme os objetivos, pode ser classificado como experimental de caráter exploratório (SAMPIERI, 2006).

A pesquisa deu ênfase especial para as patologias encontradas em estruturas de concreto armado, englobando suas causas, formas, prevenção e manutenção. Também foram abordadas as técnicas de reforço de peças danificadas. Conseqüentemente, o pesquisador procurou investigar diferentes contribuições científicas acerca desse tema, a fim de enriquecer suas teorias.

A metodologia foi dividida nas seguintes etapas:

- a) Revisão bibliográfica: Primeiramente foram selecionadas as patologias mais comuns do concreto armado;
- b) Análise das patologias: Depois foi discorrido sobre suas origens, forma de apresentação e suas possíveis causas;
- c) Resultados e sugestões: Com o auxílio de revisão bibliográfica foram expostos os processos adotados para reabilitação e as técnicas de reforço estrutural.

3. RESULTADOS

Para a facilitação da compreensão do estudo, o caso foi segmentado entre as principais manifestações patológicas do concreto armado, sendo estas: Fissuras, retração do concreto, desagregação, disgregação (desplacamento ou esfoliação), concreto segregado ou mal vibrado, corrosão e carbonatação do concreto.

3.1. CAUSAS E TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DAS PATOLOGIAS

3.1.1. Fissuras

As fissuras no concreto são de diversas naturezas, as suas principais causas são (OLIVEIRA, 2005):

- Variação das temperaturas;
- Remoção precoce das formas;
- Assentamento plástico do concreto ao redor das armaduras;
- Acúmulo de tensões nos cantos e nas bordas;
- Ausência de movimentação das juntas de dilatação por falhas;
- Tensões por compressão, puncionamento ou cisalhamento;
- Carbonatação;
- Retração por secagem química;
- Erros de posição falta de armaduras suficientes.

As técnicas de reparo de fissuras e trincas em geral são feitas mediante a injeções e grampos. Cada técnica utilizada é importante para o prévio conhecimento de cada fissura ou trinca, para assim escolher a melhor forma reabilitação. Quando a fissura é ativa deve-se vedá-la e cobrir todos os bordos externos com material elástico e não resistente, impedindo assim a degradação do concreto. Se for uma fissura passiva é necessário vedar a fissura com a injeção de um material aderente e resistente (resina epóxi) (SILVA, 2006).

Vale ressaltar que o melhor método para prevenir fissuras é a prevenção, usar materiais de qualidade, dispor de projetos bem elaborados e detalhados, e também fazer sempre a impermeabilização o que ajuda na prevenção ou retardamento dessas manifestações. Entre as formas de reparo de fissuras em concreto que mais se destacam são a injeção de fissuras e grampeamento.

3.1.1.1. Injeção de fissuras

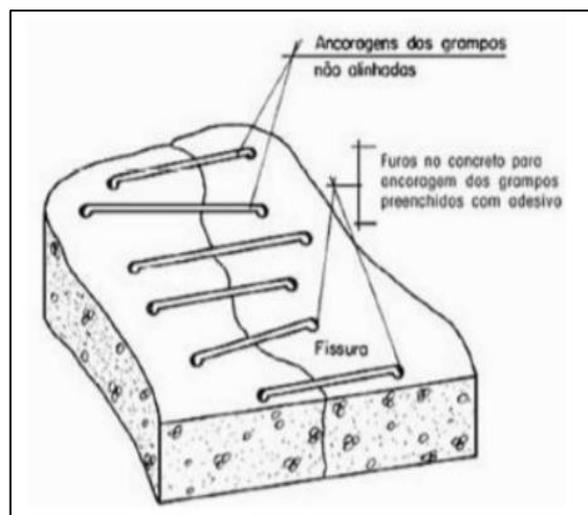
O tratamento mais utilizado para fissura ou trinca na estrutura é a injeção, onde consiste em injetar um material adesivo de baixa viscosidade, que após o seu endurecimento permite trazer de volta suas propriedades originais da estrutura (QUESADA, 2003).

Essa técnica compreende em preencher totalmente os espaços entre as bordas da fissura, seja na ativa onde serão injetadas resinas acrílicas ou poliméricas, ou na passiva onde serão utilizados materiais mais rígidos, como epóxi ou grouts (HELENE e PEREIRA, 2003).

3.1.1.2. Grampeamento

O grampeamento compreende na adição de grampos, ou seja, armaduras colocadas em fissuras ativas que se desenvolveram em linhas isoladas. Essas fissuras, geralmente, possuem pouca resistência, e para conter esforços de tração que causaram essa fenda, são colocados grampos não alinhados, em sua extensão (SILVA, 2006). A Figura 1 indica uma estrutura grampeada.

Figura 1. Estrutura grampeada



Fonte: SOUZA; RIPPER 2009.

3.1.2. Retração plástica do concreto

É decorrente da perda excessiva de água de amassamento do concreto ainda em seu estado plástico, por evaporação, por absorção ou pelas formas. Com o intuito de elevar a trabalhabilidade, é comum que se adicione água ao concreto, a qual não é consumida na reação de hidratação do cimento.

Pode-se dizer que independente do porte e das dimensões das estruturas, todas estão sujeitas à retração hidráulica. Logo abaixo são citadas algumas medidas para prevenir a retração plástica (adaptado de MEHTA e MONTEIRO, 1994):

- Molhar as fôrmas antes da concretagem;
- Umedecer de forma antecipada os agregados;
- Construir quebra-vento temporário (Com o intuito de reduzir velocidade do vento sobre superfície do concreto) e proteção contra o sol;
- Evitar a exsudação da água do concreto ao se tomar cuidados apropriados ao lançar e adensar o concreto;
- Adicionar gelo ao concreto em dias muito quentes para baixar a sua temperatura;
- Iniciar a cura imediatamente após o término da pega (concreto já endurecido).

Por outro lado, podemos destacar outros métodos de prevenção como a adição de fibra de aço ou

fibra de polipropileno, ambas têm a função de inibir a aparição de fissuras no concreto.

3.1.3. Desagregação

O surgimento da desagregação ocorre devido o emprego de materiais de baixa qualidade e erros construtivos, refletindo a falta de conhecimento das normas vigentes por parte do profissional responsável. A sua ocorrência indica a frágil ligação dos aglomerantes facilitando o desprendimento dos agregados (HELENE (2009)).

Para Lottermann (2013), a desagregação é provocada por:

- Ataques químicos, como no caso de sulfatos;
- Pela reação álcali-agregado;
- Por Águas puras (referente as águas que evaporam e depois condensam) e as águas com pouco teor de sais (provenientes da chuva);
- Águas servidas em dutos e canais;
- Micro-organismos, fungos e outros, que através da sua ação direta e suas excreções ácidas;
- Substâncias orgânicas, como as gorduras de animais e óleos;
- Produtos com alto teor de alcalinidade.

Para Nunes e Gonçalves (2016), nos locais que possuem desagregações é recomendado realizar um revestimento com graute, que confere uma alta resistência e recuperação de algumas propriedades ligantes da estrutura. Desse modo, é feito um novo cobrimento mínimo.

Para executar e lançar de forma correta o concreto é necessário seguir alguns parâmetros precitos na NBR 14931 (2004) para evitar a segregação tais como:

- O seu lançamento deve ser sempre antes do início de pega;

- Quando lançado em uma altura superior a dois metros, deve ser devem ser utilizados funis, calhas ou trombas;
- O lançamento deve ser o mais próximo possível do local e em camadas.

3.1.4. Disgregação

De acordo com Piancastelli (2014), a disgregação é ocasionada por:

- Expansão provocada por armaduras em processor de corrosão;
- Deformações provocadas por cargas excessivas, normalmente pontuais;
- Congelamento de águas retidas;
- Impactos;
- Cavitação;
- Expansão resultante da reação álcali-agregado.

A recomendação de tratamento para o deslocamento compreende na retirada de forma completa do revestimento danificado, realização de escarificação nas superfícies a serem tratadas, limpeza das superfícies para retirada de materiais pulverulentos e resíduos, aplicação de argamassa como revestimento de recuperação ou aplicação de graute respeitando-se as especificações técnicas de cura, desforma e acabamento final das superfícies recuperadas.

3.1.5. Concreto segregado ou mal vibrado

Algumas medidas podem ser usadas para que se evite a segregação do concreto, alguns requisitos são estabelecidos pela NBR 14931 (2004) que indica alguns parâmetros como:

- Lançar o concreto sempre antes que se inicie o tempo de pega;

- Quando houver a necessidade de lançar o concreto a uma altura superior a dois metros, deve ser usado funis ou calhas;
- Optar pelo lançamento sempre o mais perto possível do local da concretagem;
- É aconselhado que o lançamento seja o mais próximo possível do local definitivo.

Segundo Helene (2003), constata-se a segregação do concreto em zonas chamadas de nichos de concretagem. Estas, por seu lado, além de apresentarem diversos graus, também possuem terapêuticas variadas. A terapêutica, segundo a autora, tem início com a retirada do concreto segregado e posteriormente a limpeza da superfície. Para reparos superficiais, em outras palavras, de menor grau, é empregada argamassas poliméricas a base cimento, base epóxi ou de base poliéster. Para reparos profundos, é empregado graute a base cimento, concreto ou concreto pré-acondicionado.

3.1.6. Corrosão das armaduras

Para Ambrosio (2004), os elementos estruturais sofrem corrosão, em razão dos seguintes processos:

- Cobrimento insuficiente das armaduras;
- Porosidade do concreto;
- Presença de anomalias no concreto;
- Aplicação de adesivos a base de cloretos e outros agentes químicos;
- Ataque externo de cloretos e outros agentes químicos;
- Outros.

Para que se evite a corrosão devem ser considerados alguns critérios durante a etapa projeto. Primeiro é analisada e estudada a região onde a estrutura será inserida, com o intuito de definir quais mecanismos de agressividades serão expostas para assim, definir o a espessura de cobertura correta

para a armadura. Além de que é preciso definir o melhor concreto na qual será utilizado (MARCELLI, 2007).

Para o tratamento da armadura corroída tem que iniciar com a remoção do concreto contaminado em redor da armadura com corrosão, com jato d'água ou ferramentas manuais, com o intuito de não prejudicar ainda mais a armadura ou sua aderência ao concreto; a remoção deve deixar um espaço livre entre a armadura e o concreto de no mínimo 2 cm, e ser prolongada até atingir um comprimento de ancoragem de barra íntegra. Em seguida é realizado a limpeza das barras corroídas utilizando uma escova de aço ou jato de areia, após a limpeza, é preciso examinar se a perda da capacidade resistente foi superior a 10%, se por ventura ocorrer, as barras devem ser suplementadas. Assim, as barras devem ser pintadas com tinta especial anti-ferruginosa e a seção pode ser recomposta com concreto simples aditivado ou concreto projetado aditivado, por fim, efetuar uma cura prolongada, mínima de sete dias. É permitido também usar a proteção catódica como alternativa tecnológica (DNIT 084/2006).

3.1.7. Carbonatação do concreto

A carbonatação se trata de um fenômeno físico-químico que acontece de forma natural no concreto, sendo ocasionada pela concentração de CO₂ no ambiente, temperatura e umidade no qual a estrutura está submetida, induzindo na despassivação do aço e posteriormente a sua corrosão.

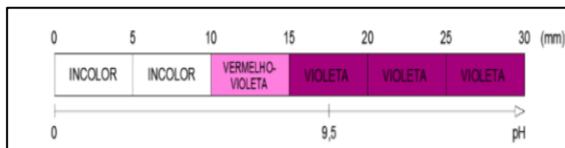
Para Ribeiro et al. (2014) apud Marques (2015), os principais influenciadores para a ocorrência da corrosão são:

- Não obediência ao cobertura mínimo estabelecido pela norma;
- Baixa resistência contra os agentes externos;
- Erros compactação;
- Presença interna de agentes contaminantes;

- Quantidade de cimento inadequada;
Excesso de relação água/cimento.

Mediante a aplicação de uma solução aquosa alcoólica de fenolftaleína aplicada em qualquer área do concreto, induzirá o surgimento de uma cor violeta no local não carbonatado com o seu pH 12,5, e na área carbonatada, o pH é entre 9,5 a 12,5, assim permanecendo incolor. Esse processo que tem que ser feito primeiramente com a quebra concreto e logo em seguida a adição do elemento químico fenolftaleína, antes que haja a presença o Co₂ que venha a reagir com o concreto, onde o indicador vai reagir com uma coloração violeta. (ALMEIDA, 2012). A Figura 2 demonstra a escala de cores provocadas pela fenolftaleína no concreto.

Figura 2. Escala de cores provocada pela fenolftaleína no concreto



Fonte: MOREIRA, 2016.

O procedimento adequado de reparo da corrosão é (MARQUES, 2015):

- Marcação da área que será recuperada;
- Retirada do concreto contaminado;
- Limpeza da área demarcada
- Preparação da camada de aderência
- Revestir com anticorrosivo a armadura
- Restauração da área retirada do concreto.

3.2 AS PRINCIPAIS TÉCNICAS DE REFORÇO

Segundo BEBER (2003), o reforço estrutural se caracteriza como o acréscimo da capacidade resistente da estrutura ou parte dela em relação ao seu projeto original.

Podem ser utilizados vários métodos

para reforçar estruturas, onde cada técnica possui seu aspecto positivo e negativo. Neste item serão abordados, as técnicas mais usadas na atualidade, com tem como proposta de aumentar a capacidade do elemento estrutural ou regenerar a mesma devido a danificação oriunda de alguma manifestação patológica. Os métodos apresentados serão: reforço mediante encamisamento e reforço mediante uso de perfis metálicos.

3.2.1. Reforço por encamisamento ou aumento da seção

O aumento da seção transversal, conhecida como encamisamento, é um método mais conhecido e utilizado atualmente, e consiste em incorporar camadas de concreto aumentando a sua seção e conseqüentemente sua suportabilidade. É imprescindível que o elemento a ser reforçado seja escorado para que suas cargas sejam aliviadas, podendo ser usado escoramento metálico ou com madeira conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3. Escoramento com madeira



Fonte: CAMARGOS, 2013.

Segundo FERRARI (2007), sua utilização consiste basicamente na montagem de fôrma para o preenchimento da cavidade com o novo material de reparo. Para isso, o material deve ter fluidez suficiente para se acomodar dentro da forma. Já as fôrmas devem admitir o acesso do material na cavidade, para isso usam-se o auxílio de calhas. É importante prever a eliminação de bolhas de ar, podendo ser usado tubos ou respiradores para a retirada de ar em seu interior. Pode ser visto conforme a Figura 4 a execução do encamisamento.

Figura 4. Reforço por encamisamento



Fonte: ARALDI, 2013.

CAMARGOS (2013) cita os pontos positivos e negativos desse método:

Aspectos positivos:

- Não necessita de profissionais qualificados para a execução;
- Facilidade na aquisição dos materiais empregados;
- Pode ser executado mesmo com a edificação em uso.

Aspectos negativos:

- Redução da área livre;
- O peso da estrutura é aumentado;
- Gastos elevados de materiais.

3.2.2. Reforço mediante o uso de perfis metálicos

É um tipo de reforço muito utilizado e que compreende no uso de chapas e perfis metálicos com o intuito de receber a capacidade resistente do elemento estrutural de concreto. Esse tipo de reforço é aconselhado quando todas as outras técnicas já tenham sido avaliadas, devido ter maior dificuldade de execução.

Essa técnica é realizada através da fixação de cantoneiras nos quatro cantos da estrutura, sendo estas unidas por barras metálicas que serão soldadas e dispostas na horizontal. As partes superiores e inferiores têm seu limite em um capitel e base metálica respectivamente, sendo fixadas por epóxi sob a superfície previamente lixada. Na execução, deve-se tomar cuidado para que todas as peças tenham uma perfeita união, evitando ou minimizando ao máximo que haja folga entre as mesmas. Caso contrário, as cargas do pilar apenas serão transferidas para os perfis metálicos quando estes já estiverem em ruptura. Observa-se a execução do reforço com chapas metálicas na figura 5.

Figura 5. Reforço em uma viga



Fonte: ARALDI, 2013.

Segundo AGUIAR (2014), as vantagens são:

- Fácil execução;
- Pouca modificação no aumento da seção desses elementos;

- Rápida execução e limpeza do local;
- Só uma parte da edificação poderá ser usada.

Segundo SANTOS (2006) suas desvantagens são:

- Grande peso das chapas e limite de vãos;
- É necessário utilizar produtos ante corrosão;
- Obrigatoriedade de criação de juntas dilatantes;
- Possibilidade de Descolamento das bordas.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como propósito realizar um levantamento bibliográfico com o intuito de buscar fundamentos e assim discorrer acerca das principais manifestações patológicas que são prejudiciais às estruturas, onde foram expostos as origens, sintomas, mecanismos, causas e formas de reabilitação, além de técnicas de reforço dessas estruturas deterioradas.

Através deste estudo, é possível concluir que a patologia das edificações é o ramo da engenharia destinada ao estudo dos danos provocados por essas anomalias e suas consequências para estas estruturas que vão desde a redução de sua vida útil, desempenho e durabilidade da mesma, podendo até tornar-se imprópria para a o uso.

As manifestações patológicas podem ter suas origens vinculadas a qualquer etapa de sua construção, seja durante a concepção, um projeto mau elaborado, falhas de execução, uso de matérias de baixa qualidade ou ausência de manutenção. Devido a esses fatores aponta-se a importância de se utilizar formas que preservem a qualidade e o emprego das normas técnicas para melhorar os níveis de

desempenho, vida útil e durabilidade.

Segundo Miotto (2010) é indispensável realizar estudos que buscam caracterização, avaliação e diagnostico da ocorrência de danos em edificações, visto que são importantes ao executar e utilizar essas edificações.

Conclui-se assim, que as vezes não é fácil apontar as origens desses problemas, por possuir diversos fatores que contribuem para o seu surgimento. E ao considerar a técnica mais eficaz para a recuperar ou reforçar essa estrutura, é preciso considerar as interrupções no uso da estrutura, onde muitas vezes podem gerar prejuízos financeiros, aliado aos custos de reparo.

5. REFERÊNCIAS

1. _____. **General principles on the design of structures for durability**. ISO 13823. 2008.
2. _____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – **Desempenho**. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.
3. AGUIAR, J. E. **Patologia e Durabilidade das Estruturas de Concreto**. Notas de aula (especialização em construção civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte: 2014.
4. AGUIAR, José Eduardo de. **Durabilidade, proteção e recuperação das estruturas**. Notas de aula. Especialização em Construção Civil (Especialização / Aperfeiçoamento) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
5. ALMEIDA, L. U. (2012). **Corrosão em armadura de concreto - Verificação do processo corrosivo em postes de concreto armado no conjunto feira VI, feira de Santana - BA**. Feira de Santana, Bahia, Brasil.

6. AMBROSIO, T. S. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. 2004. 128 p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.
7. AMORIM, Anderson Anacleto. **Durabilidade das estruturas de concreto armado aparentes**. 2010. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. 74 p.
8. ARALDI, E. **Reforço de pilares por encamisamento de concreto armado: Eficiência de métodos de cálculo da capacidade resistente comparativamente a resultados experimentais**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
9. ARIVABENE, Antonio César. **Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso**. Revista Online Especialize, v. 1, n. 1, 2015.
10. ASA SERV. **Causa de defeitos em estruturas de concreto**. Disponível em: . Acesso em 15 out 2020.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2014). **NBR6118. Projeto de estruturas de concreto. Procedimento**. Rio de Janeiro.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:2004: Execução de estruturas de concreto- Procedimento**. Rio de Janeiro,2004.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:2004: Execução de estruturas de concreto- Procedimento**. Rio de Janeiro,2004.
14. AZEVEDO, Minos trocoli de. **Patologias das estruturas de concreto**. In: Concreto: Ciência e tecnologia. 1 ed. São Paulo: IBRACON, v.2, p. 1095-1128, 2011.
15. BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado - Notas de Aula**. UNESP. Bauru, São Paulo, 2006.
16. BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil**. v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p. 409.
17. BEBER, A. J. **Comportamento Estrutural de Vigas de Concreto Armado Reforçados com Compósitos de Fibra Carbono**. 2003. 317f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
18. BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.
19. CAPORRINO, Cristiana Furlan. **Patologias em alvenarias**. Editora oficina de Textos.
20. CARMONA, Thomas Garcia. **Modelos de previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas à carbonatação**. Universidade de São Paulo. 2005.
21. CLIMACO, João Carlos Teatini. **Estruturas de concreto armado**. 2ª edição. Brasília: UnB, 2008. 389 p.
22. CORSINI, R. **Trinca ou fissura?** São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 2010.
23. DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **061/2004-TER: pavimento rígido - defeitos: terminologia**.

- Rio de Janeiro: IPR, 2004.
24. DNIT. Norma 084-ES - **Tratamento da corrosão** - Especificação de serviço, Rio de Janeiro, 2006.
 25. FERRARI. V. J, **Reforço à flexão de vigas de concreto armado com manta de polímero reforçado com fibras de carbono (PRFC) aderido à substrato de transição constituído por compósito cimentício de alto desempenho**. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.
 26. FERREIRA, P. R. R.; MEIRA, G.R.; BARBOSA, D. C.; CARVALHO, M.; ANDRADE, J. **Influência do grau de corrosão das armaduras na eficiência do método de alcalinização para tratamento de estruturas de concreto carbonatadas**. Instituto Federal de Educação, ciência e tecnologia da Paraíba. 2017.
 27. FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues; CARVALHO, Roberto Chust. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: Segundo a NBR 6118:2014**, 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014, 415 p.
 28. FIGUEIREDO, Enio Pazini; MEIRA, Gibson. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto**. Alconpat. 2013.
 29. FIGUEROLA, Valentina. **Vazios de Concretagem**. n. 109, abr. 2006. São Paulo: Revista Techne, 2006.
 30. HELENE, P. R. L. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Red Rehabilitar, 2003.
 31. HELENE, P., 2009, **“Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto”**. Ed. Pini, São Paulo.
 32. HELENE, P.; PEREIRA, F. **Manual de Recuperação de estruturas de concreto armado; Recuperação, reforço e proteção**, São Paulo, Smart System, 2003.
 33. HELENE, PAULO R.L. **Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto**. São Paulo: IBRACON, 2011. 37p.
 34. LOTTERMANN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto: Estudo de caso**. 2013. 66f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.
 35. MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.
 36. MARCONI, Marina De Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2018.
 37. MARQUES, Vinícius Silveira. **Recuperação de estruturas submetidas à corrosão de armaduras: Definição das variáveis que interferem no custo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2015.
 38. MEHTA P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - Microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.
 39. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 1994. 1v. 580p.
 40. MOREIRA, Christian. **Recalibração de estruturas de concreto carbonatado com**

- utilização de gel saturado de solução alcalina. Goiânia, 2016.
41. NUNES, D. F., GONÇALVES, R. S. **Estudo de caso: Análise de patologias e diagnóstico estrutural em edificação de concreto armado**. 2016. 31f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.
42. NUNES, Nelson Lúcio. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Retração do concreto de cimento portland**, São Paulo, BT/PCC/452, p. 1-61, 2007.
43. OLIVEIRA, P. S. F., 2005, “**Técnicas e tendências para a recuperação, reforço e proteção de estruturas de concreto armado**”. Ed. Pini, São Paulo.
44. PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologia e terapia das estruturas: Sintomas e causas das enfermidades**. Universidade Federal de Minas Gerais.
45. QUESADA, G., **Procedimento de Reparo. Em: Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. Red Rehabilitar editores. São Paulo, 2003.
46. RIBEIRO, D. V. (Coord.); SALES, A.; SOUSA, C. A. C.de; ALMEIDA, F. do C. R.; CUNHA, M. P. T.; LOURENÇO, M. Z., HELENE, P. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
47. ROCHA, I. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado**. Especialize, Goiânia, v.1, n. 10, 26 p., dez. 2015.
48. SANTOS, E. W. F. **Reforço de vigas de concreto armado à flexão por Encamisamento parcial**. Dissertação (pós-graduação para obtenção do grau de mestre em ciências em engenharia civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro: 2006. 168 p.
49. SANTOS, Maurício Ruas Gouthier dos. **Deterioração das Estruturas de Concreto Armado- Estudo de Caso**. 2012. 122 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
50. SILVA A. P., JONOV C.M.P. **Curso de especialização em construção civil**. Departamento de engenharia de materiais e construção. Minas Gerais, 2011.
51. SILVA, E.A. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**, Dissertação (Graduação em construção civil) - Universidade de Anhembi Morumbi, Escola de Engenharia, São Paulo, 2006.
52. SILVA, Luiz Carlos Pinto da; HELENE, Paulo. **Análise de Estruturas de Concreto com Problemas de Resistência a Fissuração: In: Isaia, g. c. (ed.) concreto: Ciência e tecnologia**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. v. 2. 1129-1174 p.
53. SILVA, Ricardo José Carvalho. **Concreto armado**. 2. ed. [S.l.]: Universidade do Vale do Acaraú, 2013.
54. SAMPIERI, Roberto H. **Metodología de la investigación**. Cidade do México, 2006.
55. SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2009 255p. textos. 2a ed. São Paulo, 2018. 96p.
56. TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de**

concreto armado. 2015. 88f.
Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, RS, 2015.

