Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v12, 2023
ISSN 2178-6925

PATOLOGIAS EM CONCRETO ARMADO E SEUS MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

PATHOLOGIES IN REINFORCED CONCRETE AND ITS STRUCTURAL RECOVERY METHODS

Flávio Ribeiro Gomes
Graduando, Alfa Unipac, Brasil
E-mail: flaviopedreirorg@gmail.com

Joel Isaías Hirle
Graduando, Alfa Unipac, Brasil
E-mail:joelhirle@hotmail.com

Leandro Sarmento Barreto
Graduando, Alfa Unipac, Brasil
E-mail: leo.barreto2927@gmail.com

William Francisco Xavier
Graduando, Alfa Unipac, Brasil
E-mail: williamxavi13@gmail.com

Resumo

O concreto armado, material amplamente utilizado nas construções civis devido sua durabilidade e resistência, está sujeito a alterações ao longo do tempo, em função de interações entre os elementos que o constituem, como o cimento, areia, brita, água e aço. Muitas vezes, dessas interações resultam anomalias que podem comprometer o desempenho da estrutura e provocar efeitos estéticos indesejáveis. Assim, o objetivo fundamental foi elencar as patologias mais comuns apresentadas nas estruturas de concreto armado, bem como as técnicas utilizadas para sua recuperação. Para alcançar esse objetivo, destacaram-se os seguintes objetivos específicos: apresentar um breve histórico sobre o uso concreto armado na construção civil; elencar as principais patologias presentes no concreto armado e demonstrar a importância de sua correta identificação; e discutir sobre o uso de concreto reciclado da construção civil. A metodologia utilizada na presente

pesquisa foi a revisão bibliográfica. Como conclusão, observou-se que as causas mais comuns do aparecimento desses defeitos em estruturas de concreto armado são as cargas dinâmicas ou estáticas excessivas, movimento da estrutura devido ao mau assentamento, excesso de água ou muita proporção de cimento, alto calor de hidratação no cimento, ataques meteorológicos e ataques químicos com reação com agentes ambientais.

Palavras-chave: Concreto armado; Métodos de Recuperação; Patologias.

Abstract

Reinforced concrete, a widely used material in civil construction due to its durability and strength, is subject to changes over time due to interactions between its components, such as cement, sand, gravel, water, and steel. Often, these interactions result in anomalies that can compromise the structure's performance and lead to undesirable aesthetic effects. Thus, the primary objective was to list the most common pathologies found in reinforced concrete structures, as well as the techniques used for their rehabilitation. To achieve this goal, the following specific objectives were highlighted: provide a brief historical overview of the use of reinforced concrete in civil construction; list the main pathologies present in reinforced concrete and demonstrate the importance of their correct identification; and discuss the use of recycled construction concrete. The methodology employed in this research was literature review. In conclusion, it was observed that the most common causes of these defects in reinforced concrete structures are excessive dynamic or static loads, structural movement due to poor installation, excess water or high cement content, high heat of hydration in cement, weathering attacks, and chemical attacks reacting with environmental agents.

Keywords: Reinforced concrete; Rehabilitation Methods; Pathologies.

1. Introdução

O concreto armado é capaz de suportar cargas de compressão, tensões de tração e forças em qualquer estrutura. É altamente confiável como material, pois combina os melhores elementos do cimento e do aço.

As construções com base em concreto armado são a técnica construtiva mais utilizada em território brasileiro e, nesse sentido, também apresentam um grande número de patologias, que costumam acontecer em várias fases do processo construtivo de uma obra. É necessário, portanto, realizar uma análise adequada dos motivos mais importantes, bem como dos agentes causais, além do planejamento de métodos preventivos e técnicas corretivas, o que demonstra a relevância da presente pesquisa.

A fim de nortear este estudo e alcançar os objetivos propostos, o mesmo foi embasado na seguinte pergunta de pesquisa: quais as principais técnicas de recuperação estrutural no contexto da patologia em concreto na construção civil?

O objetivo fundamental foi elencar as patologias mais comuns e as técnicas utilizadas para sua recuperação. Para alcançar esse objetivo, destacaram-se os seguintes objetivos específicos: apresentar um breve histórico sobre o uso do concreto armado na construção civil; elencar as principais patologias presentes no concreto armado e demonstrar a importância de sua correta identificação e discutir sobre o uso de concreto reciclado da construção civil.

O tipo de pesquisa utilizado para esse estudo foi a revisão bibliográfica, que segundo Marconi e Lakatos (2010) abarca toda a produção literária que diz respeito ao tema de estudo. Nesse sentido, foram realizadas consultas à livros, dissertações e artigos científicos, selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Scielo, Google Acadêmico e a base de dados de acesso aberto do Sistema Universitário de Bibliotecas. Também foram consultados artigos expostos em revistas de engenharia civil.

Sendo assim, as fontes tanto bibliográficas como os textos de referência, documentos e fontes eletrônicas de informações, conformaram o ponto de partida para a compreensão e análise da investigação.

O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: patologias, concreto armado, técnicas de recuperação, recuperação estrutural, entre outras. Foram excluídos artigos com datas anteriores a 2012, bem como os que estavam em outro idioma senão aqueles publicados em português.

1.1 Objetivos Gerais

O objetivo fundamental foi elencar as patologias mais comuns e as técnicas utilizadas para sua recuperação. Para alcançar esse objetivo, destacaram-se os seguintes objetivos específicos: apresentar um breve histórico sobre o uso concreto armado na construção civil; elencar as principais patologias presentes no concreto armado e demonstrar a importância de sua correta identificação; e discutir sobre o uso de concreto reciclado da construção civil.

2. Revisão da Literatura

O concreto armado é um material de construção versátil e amplamente utilizado, reconhecido por sua notável durabilidade e resistência. Esse material combinado é obtido pela junção de concreto, uma mistura de cimento e agregados como areia e brita, com armaduras de aço, geralmente na forma de barras ou malhas (FONSECA, 2016).

A combinação inteligente desses dois componentes aproveita suas respectivas características: o concreto oferece resistência à compressão e proteção contra incêndios, enquanto o aço proporciona elevada resistência à tração, permitindo que o resultado final seja capaz de suportar eficientemente uma variedade de demandas estruturais (FREITAS, 2011). Ao unir as qualidades desses materiais, o concreto armado tornou-se fundamental na construção moderna, facilitando a criação de estruturas resilientes capazes de enfrentar diversos desafios ambientais e mecânicos ao longo do tempo.

2.1 Concreto armado: histórico, patologias e reciclagem

A engenharia civil, desde a revolução industrial até os dias atuais, foi baseada em dois materiais básicos: o aço, que se destacou em todo o século XIX com suas estruturas deslumbrantes cujo paradigma é a Torre Eiffel, e mais modernamente, o concreto armado. No entanto, foi no século XVIII, quando foram lançadas as bases teóricas da revolução industrial, muitos engenheiros civis se interessaram pelo concreto romano, cuja invenção é geralmente atribuída ao construtor William Wilkinson, que solicitou em 1854 a patente de um sistema que incluía treliças de ferro para melhorar a construção de casas, armazéns e outros edifícios resistentes ao fogo (VASCONCELOS, 2015).

2.2. Um breve histórico do concreto armado e seu uso na construção civil

O concreto armado tem sido um dos materiais de construção mais utilizados ao longo da história. Pontes, barragens, túneis, edifícios e muitas outras infraestruturas em todo o mundo têm utilizado esta técnica, devido, entre muitas

outras vantagens, à sua elevada resistência a vibrações e altas temperaturas.

Civilizações antigas já tinham a ideia de juntar pedras usando um amalgamador. Assim, por volta de 2500 a.C., os egípcios já utilizavam uma argamassa de cal e gesso na construção das pirâmides de Gizé. No entanto, foram os romanos que utilizaram o concreto em larga escala em obras como o Coliseu, em sua fundação e paredes internas, e o Panteão, construído nas décadas de 80 e 120 d.C. em Roma, ou na ponte de Alcântara, na Hispânia, de 104 a 106 d.C. (FREITAS, 2011).

Após a queda do Império Romano, o uso do concreto declinou até que, na segunda metade do século XVIII, voltou a ser utilizado na França e na Inglaterra. Assim, em 1758, o engenheiro John Smeaton concebeu uma nova argamassa ao reconstruir o farol de Eddyston na costa da Cornualha. Neste trabalho, utilizou-se uma argamassa adicionando uma pozolana a um calcário com alto teor de argila. Esta argamassa comportou-se bem contra a ação da água do mar devido à presença de argila na cal, permitindo-lhe mesmo solidificar debaixo de água, permanecendo insolúvel uma vez endurecida (FREITAS, 2011).

Embora Joseph Aspdin tenha patenteado o cimento Portland em 1824, o francês Vicat é considerado o pai do cimento quando propôs um sistema de fabricação em 1817 que ainda hoje é usado. No entanto, o cimento Portland atual é produzido desde 1845, quando Isaac Johnson calcinou uma mistura de argila e giz até a clinquerização, de modo que ocorressem as reações necessárias à formação de compostos de alta capacidade cimentante (FONSECA, 2016).

As novas docas do porto de Toulon, na França, em 1748, constituem a primeira obra moderna em que se utiliza o concreto armado e que está documentada. Este trabalho foi realizado utilizando camadas alternadas de concreto com pozolana e alvenaria irregular. Em 1845, Lambot começou a fabricar objetos na França nos quais combinou concreto e aço, dando origem ao primeiro concreto armado (VASCONCELOS, 2015).

No final do século XIX, o concreto começou a ser utilizado em países como Alemanha e Estados Unidos. Embora as primeiras aplicações do concreto nos Estados Unidos datam de 1875, foi a partir de 1890 que seu uso atingiu um impulso extraordinário. Foram alguns anos em que as bases científicas do comportamento

do concreto armado não foram estabelecidas e, portanto, os pedidos ficaram sujeitos a patentes e sistemas de assinatura comercial (VASCONCELOS, 2015).

Assim, apesar das patentes de Monier sobre concreto armado, o desenvolvimento do novo material não decolou até que empresários alemães como Freytag compraram os direitos de exploração. Foi em 1885 que o engenheiro Gustaf Wayss, que acabara de ingressar nas empresas alemãs detentoras dos direitos da Monier, estabeleceu os princípios básicos do comportamento do concreto armado (SILVA, 2012).

No Brasil, a mais antiga notícia sobre a utilização da técnica do concreto armado data de 1904, quando o professor Antônio Freitas, da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, publicou a obra “Construções em cimento armado”, afirmando seu uso em algumas construções habitacionais de Copacabana. Em seguida, o engenheiro Carlos Euler realizou os primeiros cálculos de estruturas em concreto armado no país em um projeto de uma ponte sobre o rio Maracanã, por volta de 1908 (FONSECA, 2016).

Alguns anos depois, em 1924, houve uma associação entre duas empresas privadas, a Wayss e Freytag e a Companhia Construtora em Cimento Armado, possibilitando um grande desenvolvimento do concreto armado no Brasil. Essas estruturas foram muito bem aceitas, e segue até os dias atuais sendo o tipo de estrutura mais utilizado no país (VASCONCELOS, 2015).

Em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desenvolveu a NB-1: cálculo e execução de obras de concreto armado, a norma para projeto e dimensionamento das estruturas em concreto armado. Essa norma é revisada a cada cinco anos para que, dessa forma, novos conceitos sejam introduzidos de maneira gradativa, adequando o uso do concreto armado às novas tecnologias empregadas e técnicas construtivas (FONSECA, 2016).

2.3 Identificação das patologias presentes no concreto armado

A correta identificação da origem dos problemas patológicos permite ao engenheiro estabelecer em que ponto da gestão da obra elas ocorreram, se tiveram origem na fase do projeto, na especificação do material; na etapa de

execução da construção pelo uso de mão de obra não qualificada, por falta de controle e fiscalização, ou se as falhas foram devido ao uso impróprio ou má manutenção.

Esta análise de identificação e proposta de combate às manifestações patológicas é adequada se comparada ao custo das alterações tardias quando as manifestações já ocorreram, definido no gerenciamento de obras de Borges (2013) e *PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE* (2017).

Nesta abordagem, ao avaliar o custo de evitar um problema patológico em diferentes fases de uma obra, observa-se que quanto mais tarde se identifica a possibilidade de um problema ou manifestações patológicas por falta de planejamento, maior o custo de seu reparo e a possibilidade de colapso estrutural.

Segundo Filho *et al.* (2015), os custos da intervenção crescem exponencialmente quanto mais tarde forem detectadas, e, tal intervenção, em resumo pode ser evitada em diferentes fases. Na fase de projeto, representa o custo de referência, dentre as medidas que podem ser verificadas para evitar problemas futuros. Almeida (2013) afirma que as medidas seguintes podem ser destacadas como mitigadoras: aditivos e adições para melhorar a durabilidade do concreto e diminuir a permeabilidade; aumentar a espessura da blindagem como medida de proteção contra corrosão; reduzir a relação a/c (água/cimento) do concreto para reduzir a porosidade da matriz pasta de concreto e consequentemente diminuir a permeabilidade; também pode-se optar pelo uso da microsílica (sílica ativa), “quando essa substância é usada no concreto, ela pode garantir uma grande redução na permeabilidade além de aumentar a resistência mecânica do concreto” (FILHO et al., 2015, p. 17); por fim, aumentar a resistência característica do concreto.

É preciso ressaltar que na fase de execução a intervenção tardia implica um custo cinco vezes superior ao custo de uma intervenção tomada como referência na fase de projeto (BORGES, 2013).

Já as intervenções realizadas na fase de manutenção preventiva podem custar até 25 vezes mais do que as medidas corretas tomadas durante a fase de projeto estrutural. Algumas das medidas usuais que podem evitar os custos crescentes são as pinturas periódicas e a impermeabilização (BORGES, 2013).

A fase de manutenção corretiva corresponde ao reparo de estruturas que já apresentam manifestações patológicas visíveis. Essas atividades podem ser associadas a um custo 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ter sido tomadas na fase de projeto. Deve-se notar que o alto custo não está apenas associado aos custos de mão de obra e materiais para a manutenção real, mas também aos custos indiretos relacionados à sua intervenção, como o tempo e os transtornos da intervenção da estrutura no período de reparação (BORGES, 2013).

As incidências patológicas no concreto, segundo Pereira e Medeiros (2012) e Evangelista (2016) podem ser divididas em três grupos: físico, químico e biológico, e é imprescindível que o profissional engenheiro saiba diferenciar e identificar a qual grupo pertence a origem patológica.

As causas físicas da deterioração do concreto podem ser subdivididas em duas categorias: desgaste superficial, ou perda de peso, por abrasão, erosão e cavitação; e fissuração, isto é, rachaduras provenientes da relação de gradientes normais de temperatura e umidade, pressões de cristalização de sais nos poros, carga estrutural, e exposição a temperaturas extremas como congelamento ou fogo (EVANGELISTA, 2016).

Já as causas químicas da deterioração do concreto são geralmente devidas à presença de substâncias químicas, que podem ocorrer devido a hidrólise e lixiviação dos componentes da pasta de cimento por água pura; mudanças iônicas entre fluidos agressivos e pasta de cimento; além das reações que causam produtos expansíveis, como expansão por sulfatos, reação álcali-agregado e corrosão da armadura de concreto (PEREIRA; MEDEIROS, 2012).

As causas biológicas estão principalmente relacionadas à presença de microrganismos, que propiciam ambientes agressivos corrosivos à pasta de concreto e aço, através de algumas espécies de bactérias que precipitam o desgaste do concreto (PEREIRA; MEDEIROS, 2012).

Muitas vezes, além da análise visual, é necessário realizar ensaios (testes) visando oferecer informações relacionadas às condições de resistência e ruptura dos componentes da estrutura inspecionada, além de maior conhecimento sobre o solo de fundação. Os ensaios mais populares em estruturas de concreto e

alvenaria são classificados como não destrutivos e testes destrutivos, conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Ensaios não destrutivos e destrutivos

Não destrutivos	Destrutivos
• Esclerometria; • Carbonatação; • Controle de rachaduras com vedações de gesso ou vidro; • Ultrassonografia; • Varredura; • Teste de carga; • Medições de deformações e assentamentos.	• Resistência à compressão axial em núcleos removidos da estrutura; • Resistência à tração em núcleos removidos da estrutura; • Módulo de deformação do concreto e argamassas; • Reconstituição de mistura de concreto e argamassa; • Gravidade específica, permeabilidade e absorção de água; • Teor de cloreto; • Determinação da tensão em amostras de reforço retiradas da estrutura; • Determinação do potencial de corrosão de amostras de armadura removida da estrutura; • Resistência à compressão de prismas de tijolo e bloco.

Fonte: Ibracon (2018).

A decisão de realizar ou não tais ensaios complementares à inspeção visual é de responsabilidade do engenheiro responsável pela elaboração do laudo técnico.

2.4 Reabilitação: técnicas de intervenção corretiva das estruturas

Antes de decidir sobre o tipo de reabilitação de uma estrutura, se faz necessário realizar um diagnóstico e uma avaliação estrutural. O diagnóstico é uma classificação do estado de uma estrutura, com base nas manifestações patológicas que são baseados em dados de inspeções e testes combinados, como

os apresentados na seção anterior, realizados no local e com uma metodologia semiempírica, baseada na ponderação de vários fatores entre os quais estão o nível de agentes agressivos, a taxa de corrosão, o reforço da estrutura, forças externas, forças internas, deslocamentos, deformações e redundância estrutural (ARALDI, 2013). A avaliação estrutural permitirá estabelecer a capacidade da estrutura em seu estado atual e real, e analisar a possibilidade de levá-la a uma condição desejada.

O reparo estrutural é uma área complexa dentro do campo da reabilitação, em que as ações de consolidação devem ser realizadas, reforços em vigas e pilares, até mesmo escoras na fundação apresentados pelas patologias que afetam a estabilidade, solidez e segurança da edificação (NEVILLE, 2013).

Para o reparo estrutural, são utilizados diferentes materiais com características determinado a melhorar as condições dos elementos estruturais, estando no meio alguns destes mais usados que outros.

O uso do concreto foi mais do que qualquer coisa destinada a construir estruturas de suporte de carga, aproveitando as características mecânicas e de durabilidade do material, combinado com a grande vantagem de poder construir qualquer forma para os diferentes elementos. Nos últimos anos, há uma tendência constante de melhorar essas características e introduzir novos concretos que respondam satisfatório para as necessidades crescentes em outros campos, como sustentabilidade (NEVILLE, 2013).

A técnica de intervenção corretiva mais utilizada é a de reparos localizados com argamassas cimentícias modificadas com polímeros. Uma das mais comuns patologias apresentadas para as quais este tipo de intervenção é utilizado são as rachaduras associadas à retração (ARAÚJO, 2014).

Para aplicações civis/estruturais, onde a resistência e rigidez do material são importantes, é necessário combinar o polímero com outros materiais para obter materiais compósitos cujas propriedades excedem aquelas de seus constituintes. Os componentes aderidos estão em forma de partículas ou na forma fibrosa.

O reforço fibroso pode ser orientado em qualquer direção necessária para fornecer a mais alta resistência e rigidez. Para aumentar ainda mais a rigidez do material, as fibras podem ser empilhadas de tal forma que a rigidez da estrutura

deriva tanto de sua configuração quanto do próprio material (PIANCASTELLI, 2014).

O concreto armado possui resistência à tração e compressão e, além disso, o concreto atua como elemento de proteção para a armadura metálica. Aparentemente um conjunto com uma longa vida útil, no entanto, existem vários tipos de patologias, como as rachaduras em concreto armado, aluminose, reação álcali-agregado etc.

É preciso assimilar que as fissuras em concreto armado são apenas um caso, embora a maioria delas não comprometa a resistência da estrutura. Em geral, a reparação destas fissuras é por razões estéticas, funcionais ou de durabilidade. Acima de tudo, a durabilidade, quando a fissura aparece, o fluxo de agentes externos aumenta, favorecendo o aparecimento de outras patologias, como: corrosão da armadura ou carbonatação. Para realizar esses reparos, a fissura deve ser localizada e a fonte que a causou deve permanecer inativa (PIANCASTELLI, 2014).

A técnica de injeção consiste no preenchimento da fissura, geralmente com resina epóxi ou seca. A técnica mais simples e comum é a chamada vazio e selado, onde se esvazia e alarga a cabeça da fissura e sela-a com o produto mais adequado a cada situação. Há uma infinidade para escolher no mercado (BASTOS, 2013).

Outra técnica conhecida é a junta e revestimento, muito semelhante à anterior, mas desta vez tentando converter a fissura numa junta controlada e estanque (PIANCASTELLI, 2014).

Na técnica de junta com banda de metal, a cabeça da fissura é desocupada e coberta com uma banda de metal que proporciona vedação e permite certos movimentos transversais (PIANCASTELLI, 2014).

Existe, ainda, a técnica de grampeamento, onde a fissura é costurada com grampos de metal. Isso reforça a resistência mecânica da área. A rachadura também é preenchida com argamassa (BASTOS, 2013).

Na técnica de costura com tiras de fibra de carbono, Bastos (2013) explica que no início é mais fácil de executar do que a costura tradicional e o efeito da costura se estendem por uma área maior ao redor da rachadura.

A carbonatação é um dos principais problemas de origem química no concreto armado e ocorre quando o CO^2 do ambiente reage com o hidróxido de cálcio na mistura para formar carbonato de cálcio. Como resultado, um baixo pH e corrosão dos reforços metálicos são produzidos. É então que os hidróxidos se combinam com o carbono e baixam o pH para níveis abaixo de 9, tornando o meio ácido, eliminando a proteção passiva da armadura e favorecendo o processo de oxidação. Quando a armadura corrói, seu volume aumenta, causando fraturas e perda de coesão estrutural (LICHTENSTEIN, 2015; ARAÚJO, 2014).

Esses são outros fatores que causam corrosão por oxigênio e umidade. Quanto mais formas de penetração de umidade e oxigênio tiver no concreto, mais rápida e intensa será a oxidação do metal.

O problema com a corrosão de armaduras é que ela aumenta seu volume fraturando a estrutura. Os tratamentos contra esta patologia centram-se principalmente na atuação sobre alguns destes elementos. Os mais usados antes do início da corrosão são: inibidores de corrosão que atendem às características e requisitos necessários para serem usados como aditivo em pastas de cimento; tintas anti-carbonatação que evitam a diminuição progressiva da alcalinidade do betão; tratamentos hidrófugos que aumentam a impermeabilização do revestimento; realcalização e extração de cloro que aumentam a durabilidade do concreto, elevando novamente o pH (LOURENÇO; MENDES, 2016).

A forma mais comum de diagnosticar a carbonatação neste tipo de estrutura é através do teste da fenolftaleína. A fenolftaleína é um composto químico que indica o nível de pH de um material para que fique rosa se for maior que 9, indicando claramente onde há carbonatação e onde não há (ARAÚJO, 2014).

Outra patologia que pode ocorrer é a aluminose, que é quando ocorre um processo chamado de conversão, no qual o Aluminato Hidratado Monocálcico (ACH_{10}) na forma hexagonal é convertido em uma fase mais estável como o Aluminato Hidrato Tricálcico (AC_3H_6) na forma cúbica que ocupa menos espaço e, portanto, gera mais porosidade na massa. O tratamento da aluminose inclui parte de reparos e higienização como reforço da estrutura para aumentar sua resistência e aliviar o estresse nas áreas afetadas, intervenções contra a carbonatação, renovação de reforços com corrosão, reparação de fissuras e ataque de íons

sulfato na forma de sais complexos (PIANCASTELLI, 2014).

Outra patologia muito comum é a reação álcali-agregado, uma reação expansiva que causa rachaduras no concreto. Ocorre quando a solução alcalina acumulada nos poros do concreto reage com os minerais siliciosos dos agregados, formando um gel que aumenta de volume em contato com a água (BASTOS, 2013; PIANCASTELLI, 2014).

3. Considerações Finais

A construção civil é composta por um grande número de variáveis e desenvolvida em um ambiente singular, dinâmico e mutável. Os erros acumulados na fase de projeto e na fase de construção continuam a ser a causa predominante das patologias que podem aparecer posteriormente nas estruturas de concreto armado.

O concreto armado é resistente à tração e compressão, mas não imune. A proporção de componentes na mistura deve ser correta dependendo do local onde a construção está localizada para atender às suas condições ambientais, meteorológicas e de trabalho. É evidente então a importância de um diagnóstico rápido e intervenção corretiva para travar a patologia e aumentar a durabilidade do betão.

A falta de sucesso em um ou vários desses fatores facilita o aparecimento de trincas e fissuras no material, que além do defeito estético são porta de entrada para agentes externos que aceleram o processo de destruição.

As causas mais comuns do aparecimento desses defeitos em estruturas de concreto armado são as cargas dinâmicas ou estáticas excessivas, movimento da estrutura devido ao mau assentamento, excesso de água ou muita proporção de cimento, alto calor de hidratação no cimento, ataques meteorológicos, ataques químicos com reação com agentes ambientais.

Após a revisão bibliográfica, ficou claro a existência de inúmeras patologias de elementos estruturais e no mundo da engenharia normalmente não existe uma solução única para elas, pelo que é fundamental desenhar um plano individualizado para cada caso. Acredita-se que a melhor forma de aumentar a

durabilidade de uma construção e evitar ao máximo o aparecimento de patologias é a partir do momento da execução da obra com um bom acompanhamento.

Referências

ALMEIDA, I. R. **Emprego do esclerômetro e do ultrassom para efeito da avaliação qualitativa dos concretos de alto desempenho.** Tese de Mestrado, Universidade Federal Fluminense: Niterói, 2013.

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.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande, 2014.

BASTOS, P. S. S. **Apostila de lajes de concreto**. 2013. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.

BORGES, J. F. B. **Gestão de projetos na construção civil.** MBA em Gestão de Projetos em Engenharias e Arquitetura, Instituto de Pós Graduação – IPOG, Goiânia, 2013.

EVANGELISTA, A. C. J., **Avaliação da resistência do concreto usando diferentes ensaios não destrutivos.** 2016. Tese (Doutorado em Engenharia), COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

FILHO L. C. P. Da S.; LORENZI A.; CAMPAGNOLO J. L.; STRIEDER A. J.; QUININO U. C. De M.; CAETANO L. F.; **Estudos de caso sobre avaliação de estruturas de concreto através da utilização de ensaios não destrutivos,** ALCONPAT, v. 1, n. 3, p. 196-208, set./dez. 2015.

FONSECA, R. P. da. Escritório Técnico Emílio H. Baumgart: **Escola do Concreto Armado e a Escola Modernista Brasileira.** Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, 2016.

FREITAS, M. L. de. **Modernidade Concreta:** as grandes construtoras e o concreto armado no Brasil, 1920 a 1940. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, 2011.

IBRACON. Instituto Brasileiro do Corneto. **Revista Oficial do Ibracon**. ISSN 1809-7197 - Concreto & Construções, Ed. 91, Jul – Set • 2018. Disponivel em: < http://ibracon.org.br/site_revista/concreto_construcoes/pdfs/revista91.pdf>. Acesso em: 7 de ago. 2023.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

LOURENÇO, L. D. C.; MENDES, L. C. **Detecção preventiva de patologias em edificações**. Téchne, n. 367, São Paulo, 2016.

MARCONI, M. A; E. M. LAKATOS. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. Atlas: São Paulo, 2010.

NEVILLE, A. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2013.

PEREIRA E; MEDEIROS M. H. F. De; **Ensaio De "Pull Out" Para Avaliar À Resistência À Compressão Do Concreto:** Uma Alternativa Aos Ensaios Normalizados No Brasil, Rev. IBRACON. vol.5 no.6, dez., 2012.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologia e terapia das estruturas: Sintomas e causas das enfermidades**. 2014. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.demc.ufmg.br/elvio/2sintoma.pdf>. Acesso em: 10 de ago. de 2023.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®).** 6ª Edição. Pennsylvania: PMI, 2017.

SILVA, E. G. da. **Os palácios originais de Brasília**. Tese de Doutorado. Brasília: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, 2012.

VASCONCELOS, A. C. de. **O concreto no Brasil:** recordes, realizações, história. 3ª edição - Copiare, São Paulo, 2015.