



CORROSÃO E DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

SOUSA, Paulo Alessandro de; ESTEVES, Hugo Cardoso

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as principais manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto armado e abordar estudos de caso de problemas patológicos a fim de, a partir das bibliografias consultadas e estudadas, diagnosticar possíveis causas e sugerir soluções corretivas para esses processos de deterioração. Motivado pelo número crescente de estruturas que sofrem degradação precoce e requer um determinado tipo de intervenção, o objetivo principal deste estudo são as técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado encontradas na literatura. Para um melhor entendimento do funcionamento das técnicas de reabilitação disponíveis, suas aplicações, vantagens e desvantagens, foram também analisadas os mecanismos que provocam a deterioração do concreto armado. A metodologia utilizada no referido trabalho é a pesquisa bibliográfica em trabalhos técnicos e científicos. Por fim, são analisados os resultados dos estudos realizados, identificando as manifestações patológicas mais incidentes nas estruturas de concreto armado.

Palavras Chave: patologias em edificações; deterioração; concreto armado;

ABSTRACT

This paper aims to analyze the main pathological manifestations found in reinforced concrete structures and to address case studies of pathological problems in order to, from the consulted and studied bibliographies, diagnose possible causes and suggest corrective solutions for these deterioration processes. Motivated by the increasing number of structures that suffer early degradation and requires a certain type of intervention, the main objective of this study is the techniques for the recovery and reinforcement of reinforced concrete structures found in the literature. For a better understanding of the functioning of the available rehabilitation techniques, their applications, advantages and disadvantages, the mechanisms that cause the deterioration of reinforced concrete were also analyzed. The methodology used in the referred work is bibliographic research in technical and scientific works. Finally, the results of the studies carried out are analyzed, identifying the most incident pathological manifestations in reinforced concrete structures.

Key Words: building pathologies; deterioration; reinforced concrete;

1 – INTRODUÇÃO

A construção civil é cheia de inovações tecnológicas e precisa aprofundar seus conhecimentos em termos de técnicas e materiais de construção utilizados. Com o desenvolvimento de métodos concretos e de cálculo, com o aprofundamento do conhecimento sobre materiais e atrações econômicas e financeiras, as estruturas começaram a ser projetadas com margens de segurança reduzidas, tornando-as mais esbeltas (REIS, 2002).



No entanto, a redução da margem de segurança não foi acompanhada pelo uso de um melhor controle tecnológico, principalmente nas pequenas obras. Assim, muitos trabalhos foram realizados por uma força de trabalho pouco qualificada, nem sempre usando as técnicas corretas. Tais fatores, somados às falhas nos estágios de projeto, uso ou manutenção e até ao envelhecimento natural da estrutura, levam ao fenômeno conhecido como deterioração estrutural.

Quando deterioradas, as estruturas de concreto têm aparência estética e capacidade de resistência comprometida, o que pode levar ao colapso. Além disso, essas estruturas também são alteradas em termos de conformidade com os requisitos básicos em termos de desempenho, durabilidade e vida útil desejada (SANTOS, 2012). Quando esse fenômeno ocorre, é necessário fazer alterações estruturais para garantir a segurança e o conforto dos usuários.

Assim, a análise das origens da patologia das estruturas de concreto e o conhecimento dos mecanismos e formas de deterioração do concreto tornam-se essenciais para permitir a restauração das condições originais das estruturas danificadas (recuperação) ou promover adaptações das estruturas e capacidade resistente de estruturas, dependendo do uso (reforço) (HOLANDA, 2015).

A justificativa do tema escolhido, leva em consideração que o concreto armado é aquele que combina as qualidades de pedra (durabilidade e resistência à compressão) e aço (resistência mecânica), é uma das principais técnicas de construção utilizadas no Brasil. Embora possuam características vantajosas, como a possibilidade de assumir qualquer forma e oferecer proteção ao reforço, as estruturas de concreto não têm uma vida útil ilimitada e estão sujeitas a desgaste ao longo do tempo de uso.

Segundo Andrade (2005), os consumidores de construção civil, pública e privada, sofrem com a falta de durabilidade das estruturas de concreto armado, que apresentam a necessidade de manutenção corretiva geral.

Com o crescente número de estruturas que necessitam de manutenção corretiva e o aumento de recursos dedicados à reparação de estruturas deterioradas, surge a importância de estudos voltados para as técnicas de reforço e recuperação de estruturas de concreto armado.

O principal objetivo desta pesquisa é realizar um estudo, através de uma revisão da literatura, sobre técnicas existentes para recuperação e reforço de estruturas de



concreto armado. Além de apresentar também como objetos secundários a descrição dos principais mecanismos de deterioração relacionados ao concreto e às armaduras e apresentar o processo de diagnóstico de patologias das estruturas.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto é um material poroso, cujos vazios estão presentes de várias maneiras, como excesso de água de mistura (necessária para obter trabalhabilidade prática), a redução de volume que acompanha a hidratação do cimento, o ar incorporado durante a operação de mistura, erro de dosagem de entrada, etc. Como esses vazios geralmente são interconectados, o concreto é normalmente permeável a líquidos e gases (BAUER, 2011).

Sartorti (2008) afirma que o excesso de água é um fator importante para a manifestação de patologias em estruturas de concreto. Seu uso excessivo causa a criação de vazios e uma rede de poros no interior, facilitando o transporte de substâncias nocivas do ambiente para o interior da sala, acelerando os processos de carbonatação e corrosão do reforço.

Para Nepomuceno (2005), a degradação de estruturas de concreto ocorre através da penetração de substâncias na forma de gases, vapores e líquidos, através de poros e trincas. Umidade relativa, frequência de precipitação, direção do vento, temperatura e concentrações de substâncias agressivas presentes no ambiente, etc. Além das características dos materiais constituintes do concreto e de seus poros, esses são fatores importantes na interação entre o ambiente e o concreto.

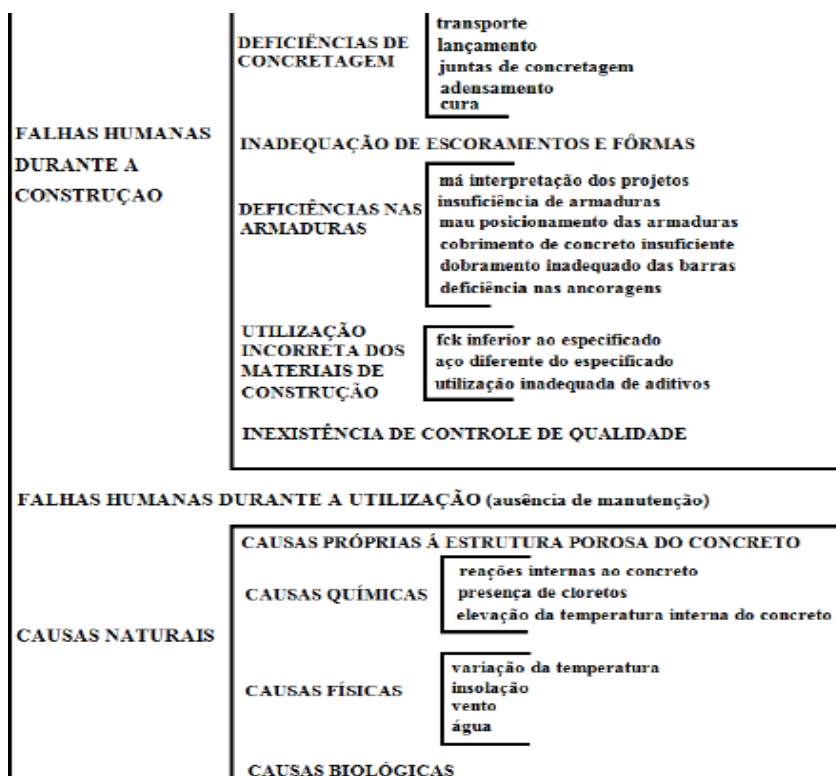
Quanto mais permeável é o concreto para o transporte interno de água, gás e outros agentes agressivos, maior a probabilidade de sua degradação, bem como a do aço que ele deve proteger. Nesses casos, a degradação dependerá diretamente de dois fatores: a permeabilidade do concreto e as condições ambientais da superfície. Como, em geral, não é possível lidar com a melhoria das condições ambientais, a única maneira, nesse sentido, de evitar a degradação do concreto é a redução, para o menor nível possível de sua permeabilidade. , graças a uma dosagem adequada da matéria prima formadora do concreto (SOUZA; RIPPER, 1998).



Para poder diagnosticar corretamente os problemas que se manifestam nas estruturas, definir corretamente a técnica necessária para recuperar ou reforçar a estrutura de concreto armado e garantir que a estrutura não se deteriore novamente, é necessário conhecer as causas e os mecanismos de deterioração do concreto armado.

Souza e Ripper (1998) classificam as causas do processo de deterioração como causas intrínsecas e extrínsecas. Nesta abordagem, as causas intrínsecas são aquelas que provêm de materiais e peças estruturais, durante a execução e / ou utilização das obras, devido a falhas humanas, devido a problemas específicos do material concreto e ações externas como mostra a Figura 1. A Figura 2 mostra as causas extrínsecas, independentes da própria estrutura, e podem ser considerados os fatores externos que atacam a estrutura.

Figura 1- Causas intrínsecas das patologias



Fonte: Souza e Ripper (1998).

Figura 2- Causas extrínsecas das patologias

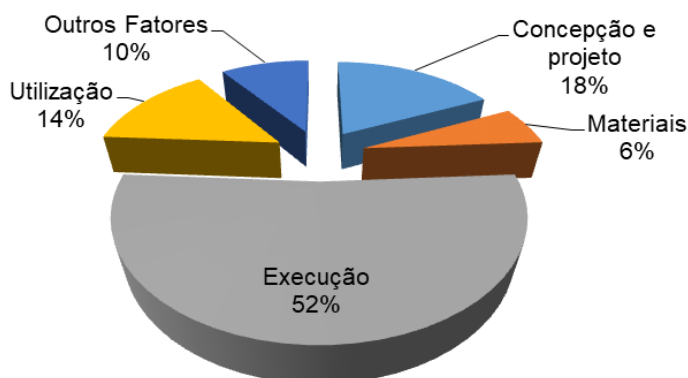


CAUSAS EXTRÍNSECAS	FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO	Modelização Inadequada da Estrutura Má Avaliação das Cargas Detalhamento Errado ou Insuficiente Inadequação ao Ambiente Incorreção na Interação Solo-Estrutura Incorreção na Consideração de Juntas de Dilatação
	FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	Alterações Estruturais Sobrecargas Exageradas Alteração das Condições do Terreno de Fundação
	AÇÕES MECÂNICAS	Choques de Veículos Recalque de Fundações Acidentes (Ações Imprevisíveis)
	AÇÕES FÍSICAS	Variação de Temperatura Insolação Atuação da Água
	AÇÕES QUÍMICAS	
	AÇÕES BIOLÓGICAS	

Fonte: Souza e Ripper (1998).

Figura 3- Relação das principais causas de patologias

Causas dos problemas patológicos em estruturas de concreto – BRASIL



Fonte: RIPPER, 2002 apud CARVALHO JUNIOR, 2015.

Em relação aos processos de deterioração, MEHTA & MONTEIRO (1994) classificam os processos de deterioração em dois principais: efeitos químicos e efeitos físicos. Os efeitos químicos deletérios incluem a lixiviação da pasta de cimento com



soluções ácidas, reações expansivas envolvendo ataques de sulfatos, reações de agregados alcalinos e corrosão de reforços no concreto. Os efeitos físicos incluem desgaste da superfície, rachaduras causadas pela pressão de cristalização do sal nos poros e exposição a temperaturas extremas, como gelo ou fogo. Na prática, vários processos de deterioração química e física operam ao mesmo tempo e podem até se reforçar.

Neste trabalho, os mecanismos de deterioração serão divididos em três grupos:

- Mecanismos preponderantes de deterioração do concreto;
- Mecanismos preponderantes de deterioração das armaduras;
- Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita.

A Tabela 1 apresenta os principais mecanismos de deterioração do concreto armado, os seus agentes, e os sintomas causados por tais mecanismos.

Tabela 1- Principais Mecanismos de Deterioração do Concreto Armado

MECANISMO	AGENTES	AÇÃO	SINTOMATOLOGIA
1. Lixiviação	Águas puras, carbônicas agressivas e ácidas	Carrear compostos hidratados da pasta de cimento	- Superfície arenosa ou com agregados expostos sem a pasta superficial;- Eflorescência de carbonato;- Elevada retenção de fuligem / fungos
2. Expansão	Águas e solos contaminados por sulfatos	Reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado	- Superfície com fissuras aleatórias e esfoliação - Redução da dureza e do pH
3. Expansão	Agregados reativos	Reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos	- Expansão geral da massa do concreto - Fissuras superficiais e profundas
4. Reações deletérias	Certos agregados	Transformações de produtos ferruginosos presentes nos agregados	- Manchas, cavidades e protuberância na superfície do concreto
5. Despassivação da armadura	Gás carbônico da atmosfera	Penetração por difusão e reação com os hidróxidos alcalinos dos poros do concreto, reduzindo o pH dessa solução	- Requer ensaios específicos - Em casos mais acentuados, apresentam manchas, fissuras, destacamentos do concreto, perda da seção resistente e da aderência
6. Despassivação da armadura	Cloretos	Penetração por difusão, impregnação ou absorção capilar, despassivando a superfície do aço.	- Requer ensaios específicos - Ao atingir a armadura apresenta os mesmos sinais do item 5.

Fonte: Reis (2001).

2.1. Mecanismos preponderantes de deterioração do concreto

Segundo a Norma NBR 6118, os mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto são os seguintes:



- Lixiviação;
- Expansão por ataques desulfatos;
- Expansão pela reação álcali-agregado.
- Reações deletérias

2.1.1. Lixiviação

Segundo Souza e Ripper (1998), a lixiviação do concreto consiste na dissolução e arrastamento do hidróxido de cálcio existente na massa de cimento Portland endurecido (liberado durante a hidratação) devido ao ataque da água com pouca ou nenhuma impureza.

A lixiviação é indesejável, pois resulta em perda de resistência do concreto, aumentando a porosidade do concreto e por razões estéticas. Quando o produto de lixiviação interage com o dióxido de carbono (CO_2) presente no ar, isso resulta na precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície, eflorescência (MEHTA; MONTEIRO, 1994). A Figura 4 mostra um exemplo desse fenômeno.

Figura 4- Eflorescências decorrentes da lixiviação do concreto



Fonte: Ecivil (2010).

2.1.2. Expansão por ataque desulfatos

Segundo Mehta e Monteiro (1994), o ataque de sulfatos pode se manifestar pela redução progressiva da resistência e pela perda de massa causada pela perda de coesão dos produtos de hidratação do cimento.



Os sulfatos estão presentes na água que contém resíduos industriais, nas águas subterrâneas em geral e na água do mar. Para o concreto, os sulfatos mais perigosos são amônia, $(\text{NH}_4) \text{SO}_2$, cálcio, CaSO_4 , magnésio, MgSO_4 e sódio, Na_2SO_4 (SOUZA; RIPPER, 1998).

A degradação do concreto devido à reação química entre o cimento Portland hidratado e os íons sulfato pode ocorrer de duas maneiras: através da formação de sulfato de cálcio e através da formação de etringita. A determinação do composto a ser formado depende de fatores como a concentração de íons sulfato na água de contato e a composição da mistura de concreto. A deterioração causada pela etringita ocorre na presença de três elementos: microfissuras, exposição à água ou ar saturado e liberação de sulfato tardio (SOUZA; RIPPER, 1998).

A expansão começa com a penetração de íons sulfato pela porosidade do concreto e durante a reação com compostos de cimento hidratado, entre os quais os aluminatos tricálcicos (C3A) e hidróxido de cálcio $\{\text{Ca}(\text{OH})_2\}$, compostos expansivos são formados. Como etringita e gesso, capazes de gerar tensão na matriz, fragilidade e rachaduras.

Para melhorar a resistência do concreto ao ataque de sulfatos, é essencial garantir que o concreto tenha uma baixa relação água / cimento, para que seja denso e tenha baixa permeabilidade. Além disso, o uso de cimento com baixo teor de aluminato tricálcico e a adição de cinzas volantes e vapores de sílica também contribuem para a resistência do concreto.

2.1.3. Expansão pela reação álcali-agregado

A expansão de álcalis e agregados no concreto é caracterizada por uma reação química entre a sílica reativa, constituindo agregados, e o alcalino no cimento. Tal reação produz um gel que absorve água e se expande em volume, o que causa rachaduras e desintegração do concreto (REIS, 2001).

A expansão da pasta de cimento parece ser causada pela pressão hidráulica gerada pela osmose, devido ao contato dos materiais siliciosos dos agregados pelos hidróxidos alcalinos derivados dos álcalis do cimento (Na_2O e K_2O), mas também pode



ser gerado pela pressão de expansão do produto, ainda no estado sólido, da reação alcalina-sílica (NEVILLE; BROOKS, 2010).

Fatores como a porosidade do agregado, a quantidade de álcalis no cimento, a disponibilidade de água na pasta e a permeabilidade da pasta de cimento influenciam o curso da reação do agregado alcalino.

Dois tipos de ataques podem ocorrer. O ataque de carbonato alcalino, envolvendo certos agregados de calcário dolomítico e o ataque de sílica alcalina, com agregados siliciosos, como calcedônia, opalas e quartzo tectonizado (FERREIRA, 2000).

Segundo FAN & HANSON (1998), os métodos para prevenir ou minimizar a deterioração pelo RAS incluem evitar o uso de agregados reativos, limitar o teor de álcalis no cimento e incorporar o uso de pozolanas e outras misturas adequadas em concreto. MEHTA & MONTEIRO (1994) acrescentam que controlar o acesso à água do concreto é um fator desejável para evitar a expansão excessiva do concreto.

Figura 5- Deterioração causada pela reação álcali-agregado



Fonte: Blog da engenharia (2009).

2.2. Mecanismos preponderantes de deterioração da armadura (corrosão)

Gentil (2003) chama a corrosão de deterioração de um material, geralmente metálico, causado pela ação química ou eletroquímica do ambiente que pode ser combinada ou não com forças mecânicas.



Segundo Polito (2006), a corrosão química ocorre por uma reação gás-metal, com a formação de um filme de óxido. Esse processo é considerado lento, sem causar grande deterioração da superfície do reforço, exceto quando há gases agressivos na atmosfera. A corrosão eletroquímica resulta da formação de uma célula ou célula de corrosão, com um eletrólito e uma diferença de potencial entre os pontos na superfície do aço.

A classificação de corrosão também pode ser realizada de acordo com sua morfologia. Nesse caso, ele é dividido em três tipos: corrosão generalizada, corrosão por pites e corrosão sob tensão de fraturamento. Segundo Cascudo (1987), a corrosão generalizada ocorre em toda a barra de aço, que pode ou não ser uniforme.

A corrosão por pites ocorre em regiões específicas da barra, piorando nos pontos em que a proporção da área do cátodo para a área do ânodo é maior. A corrosão sob tensão de fratura também é um tipo de corrosão localizada, que ocorre com a tensão de tração. A Figura 6 mostra os tipos de corrosão que ocorrem no reforço de aço.

Figura 6- Tipos de corrosão em armaduras



Fonte: Cascudo (1987).

A corrosão do reforço é um dos mecanismos mais frequentes de degradação do concreto armado, causando efeitos negativos, estéticos e relacionados à resistência da estrutura, como a redução da seção de reforço e fissuração do concreto em uma direção paralela.



2.2.1. Corrosão pela carbonatação do concreto

O processo de carbonatação ocorre quando o hidróxido de cálcio no concreto reage com gases na atmosfera, como monóxido (CO) e dióxido de carbono (CO₂), transformando o hidróxido de cálcio, que pH alto, em carbonato de cálcio com pH mais neutro.

Assim, a natureza alcalina da pasta de cimento hidratada fica comprometida, o que afeta a proteção do aço.

Poggiali (2009) afirma que o processo de carbonatação começa na superfície do concreto, formando uma frente de carbonatação, separando duas zonas de pH distintas, uma com valores na faixa de 12 e outra na faixa de 8. Essa frente se move gradualmente para o interior do material e, ao atingir o reforço, desestabiliza o filme passivo de óxido, promovendo a passivação, o que permite o início de um processo de corrosão generalizado.

A velocidade da reação de carbonatação no concreto dependerá de vários fatores relacionados às condições de exposição, como umidade relativa, temperatura e concentração de CO₂. As características do concreto, como o traço e a composição química do cimento, também influenciarão (SANTOS, 2015).

2.2.2. Corrosão por cloretos

É provável que a corrosão do cloreto ocorra em estruturas localizadas em ambientes agressivos, como estruturas próximas ao mar ou áreas industriais. Quando há uma grande quantidade de cloreto, o concreto tende a reter mais umidade, aumentando o risco de corrosão, diminuindo a resistividade elétrica do concreto (REIS, 2001).

Os cloretos podem chegar ao concreto de diversas formas. Segundo Figueiredo (2005), tais formas são o uso de aceleradores de pega que contêm CaCl₂, também na forma de impurezas dos agregados e da água de emassamento, outros fatores são a atmosfera marinha e água do mar, assim como saís de degelo e processos industriais.

Os cloretos causam grandes danos ao penetrar no concreto na presença de água e oxigênio, formando ácido clorídrico e provocando o desbotamento dos reforços (NEVILLE; BROOKS, 2010).

2.3. Causas, Mecanismos e Sintomas das Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado

É essencial conhecer as causas da deterioração do concreto, não apenas para que os reparos necessários possam ser feitos, mas também para garantir que, após o reparo, a estrutura não se deteriore mais (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Andrade (2005), existe quatro causas principais causadas pela redução no uso de concreto armado, como as que podem ser classificadas, de acordo com sua natureza, em mecânicas, físicas, químicas e eletroquímicas.

Qualquer causa de deterioração é um ou mais agentes que, através de mecanismos de degradação, interagem com concreto e aço, reduzindo gradualmente seu desempenho (ANDRADE, 2005).

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou, através de uma revisão bibliográfica, as técnicas utilizadas na recuperação e reforço de estruturas de concreto armado. Além disso, foram estudados os principais mecanismos responsáveis pela degradação do concreto e armaduras, bem como o processo diagnóstico de patologias realizadas para definir o tipo de intervenção a ser realizada na estrutura.

Como indicado acima, é essencial conhecer os mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado, a fim de obter um diagnóstico correto da estrutura que apresenta uma degradação. Pois existem diversos fatores que favorecem a degeneração das estruturas dentre elas as ações mecânicas, movimentações de origem térmica, impactos, ações cíclicas, além da retração e fluência.

Esse conhecimento também é importante no design de novos edifícios. Neste trabalho, os mecanismos de degradação foram divididos em três grupos: os mecanismos ligados ao concreto, os reforços e a própria estrutura. Entre estes, é possível destacar a



corrosão do reforço pela ação de agentes agressivos, como cloretos e dióxido de carbono.

Também foi possível verificar a importância do processo de diagnóstico patológico no sucesso da correção de anomalias. A determinação da técnica a ser utilizada deve ser feita após uma análise cuidadosa dos dados do estudo da história da estrutura, seu ambiente, inspeção visual geral e testes que podem ser realizados no local ou em laboratório. Além de avaliar as informações coletadas durante a inspeção, é necessário levar em consideração fatores como o custo, a urgência da intervenção e o tempo necessário para retomar o uso da estrutura.

Com esta pesquisa, conclui-se que há uma grande variedade de patologias que e de técnicas disponíveis para recuperar e reforçar as estruturas de concreto armado. Assim, faz-se imprescindível o conhecimento do profissional em examinar os problemas que afetam o desempenho das estruturas e avaliar as consequências que tais problemas irão causar para desenvolver um projeto adequado de intervenções.

Para trabalhos futuros, sugere-se uma pesquisa focada em técnicas de reabilitação de estruturas de concreto armado que sofreram corrosão de armaduras e estruturas localizadas em ambientes muito agressivos.

4 – REFERÊNCIAS

ANDRADE, **Procedimientos de reparación y protección de armaduras. Manual de rehabilitación de estructuras de hormigón.** São Paulo: Editores Paulo Helene e Fernanda Pereira, 2005

CASCUDO, Oswaldo. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas.** Goiânia: Editora UFG, 1997.

FAN, S., HANSON, J. M. Effect Of Alkali Silica Reaction Expansion And Cracking On Structural Behavior Concrete Beams. **ACI Structural Journal**, Farmington Hills, v. 95, n. 5, p. 498-505, Sep-out. 1998.

FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto.** 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, 2000. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/40/1/Rui_Miguel_Ferreira_DECivil.pt> Acesso em: 10 ago. 2020.

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.



HOLANDA, Maria Júlia de Oliveira. **Técnicas Preventivas e de Recuperação de Estruturas de Concreto**. 2015. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2015. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/8101/1/PDF-Maria-Júlia-de-Oliveira-Holanda.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2020.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concrete: Microstructure, properties and materials**. 3rd. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1994.

POLITO, Giulliano. **Corrosão em estruturas de concreto armado**: causas, mecanismos, prevenção e recuperação. 2006. 191 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Avaliação e Perícia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://polito.eng.br/upload/CORROSAO_EM ESTRUTURAS DE CONCRETO_2016040 5.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2020.

REIS, Lílian Silveira Nogueira. **Sobre a recuperação e reforço das estruturas de concreto armado**. 2001. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2020.

RIPPER, Thomaz. Desempenho das Construções: (Durabilidade, resistência e manutenção). 2002. apud CARVALHO JUNIOR. E. L. **Patologia das edificações em concreto originadas na fase de uso**. 2015. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigos/patologia-das-edificacoes-em-concreto-originadas-na-fase-de-uso/>>. Acesso 26 out 2020.

SANTOS, Aleílson Vilas-Bôas dos. Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação. **Especialize Online IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 10., dez. 2015. Disponível em: <<https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=aleilson-vilas-boas-dos-santos-101713613.pdf>>. Acesso em: 12 ago.2020.

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. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/88.pdf>>. Acesso em: 20 jul.2020.

SILVA, Erick Almeida da. **Técnicas de Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. 2006. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.