

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

REBECA VALIM PERES

SUYANNE NUNES ALVES CORREIA

**PATOLOGIA EM CONCRETO ARMADO: AVALIAÇÃO DE
CORROSÃO, FISSURAS E MANCHAS**

**ANÁPOLIS / GO
2019**

REBECA VALIM PERES
SUYANNE NUNES ALVES CORREIA

**PATOLOGIA EM CONCRETO ARMADO: AVALIAÇÃO DE
CORROSÃO, FISSURAS E MANCHAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: Me. EDUARDO MARTINS TOLEDO

ANÁPOLIS /GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

PERES, REBECA VALIM/ CORREIA, SUYANNE NUNES ALVES

Patologia em concreto armado: avaliação de corrosão, fissuras e manchas.

-43 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto Armado

2. Patologia

3. Patologias mais recorrentes

4. Tratamento

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PERES, REBECA VALIM; CORREIA, SUYANNE NUNES ALVES. Patologia em concreto armado: avaliação de corrosão, fissuras e manchas. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 52 p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: REBECA VALIM PERES

SUYANNE NUNES ALVES CORREIA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Patologia em concreto armado: análise de corrosão, fissura e trinca.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Rebeca Valim Peres

E-mail: rebecavperes@hotmail.com



Suyanne Nunes Alves Correia

E-mail: suyanne_alves_@hotmail.com

REBECA VALIM PERES
SUYANNE NUNES ALVES CORREIA

**PATOLOGIA EM CONCRETO ARMADO: AVALIAÇÃO DE
CORROSÃO, FISSURA E MANCHA.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA
CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA
A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)



VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)



PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 02 de dezembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida.

A minha mãe Alaine e meu pai do coração Otoniel, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Ao meu namorado José Kleby pela compreensão e paciência demonstrada durante o período do curso.

A minha amiga Suyanne Nunes pelo empenho na realização deste trabalho.

Agradeço também aos meus amigos do curso Jennifer Damasceno e Marco Antônio pelas trocas de ideias e ajuda mútua.

Agradeço ao meu orientador Eduardo Toledo por conduzir de forma eficiente o meu trabalho de pesquisa.

Por último, quero agradecer a todos os meus professores do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UniEvangélica pela excelência e qualidade técnica de cada um.

Rebeca Valim Peres

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a graça de chegar até aqui, pois sem ele nada teria conseguido.

Aos meus pais e meus irmãos por ter me apoiado ao longo de todo o meu curso, não deixando nunca desistir dos meus sonhos.

A minha amiga Rebeca Valim, pela dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Também agradeço aos meus amigos Jennifer Damasceno e Marco Antônio por sempre nos ajudar e apoiar.

Agradeço ao meu orientador Eduardo Toledo por toda paciência e empenho no decorrer desse trabalho.

Suyanne Nunes Alves Correia

RESUMO

A ocorrência de manifestações patológicas está relacionada a falhas sucedidas durante a realização de uma ou mais etapas da construção, seja no projeto, execução ou na utilização da edificação. As patologias mais recorrentes em estruturas de concreto armado descritas na literatura são as manchas, trincas, fissuras e corrosão. A qualidade dos serviços de recuperação estrutural depende de um diagnóstico adequado e preciso das possíveis causas do advento da patologia, para garantir que, depois de restaurada a estrutura não volte a degradar. O presente trabalho tem como objetivo identificar as origens e causas responsáveis pelo surgimento das principais patologias em estruturas de concreto armado e apresentar possíveis mecanismos de tratamento para recuperá-las. A metodologia empregada no desenvolvimento deste trabalho consiste em uma revisão de literatura e um estudo de caso realizado no clube Ipiranga localizado em Anápolis – Goiás, para identificar as patologias existentes e sugerir intervenções terapêuticas adequadas para cada caso. A construção analisada apresentou diversas manifestações patológicas nos elementos estruturais como trincas, corrosão, manchas e fissuras. As inúmeras falhas que ocorrem nas estruturas poderiam ser evitadas caso houvesse maiores precauções e cautelas em cada etapa da construção, como projetos detalhados, o uso de materiais de qualidade, execução bem-feita e manutenções periódicas, podendo assim dificultar ou até mesmo procrastinar a necessidade de reforçar a estrutura ou restaurá-la.

PALAVRAS-CHAVE: Patologia. Concreto Armado. Tratamento

ABSTRACT

The occurrence of pathological manifestations is related to failures that occurred during the realization of one or more stages of construction, whether in the project, execution or use of the building. The most recurrent pathologies in reinforced concrete structures described in the literature are stains, cracks, fissure and corrosion. The quality of structural restoration services depends on a proper and accurate diagnosis of the possible causes of the advent of pathology to ensure that once the structure is restored it does not degrade again. The paper aims to identify the origins and causes responsible for the emergence of the main pathologies in reinforced concrete structures and to present possible treatment mechanisms to recover them. The methodology used in the development of this work consists of a literature review and a case study conducted at the Ipiranga Club located in Anápolis - Goiás, to identify the existing pathologies and suggest appropriate therapeutic interventions for each case. The analyzed construction presented several pathological manifestations in the structural elements such as cracks, corrosion, stains and fissure. The numerous failures that occur in the structures could be avoided if there were greater precautions and cautions at each stage of construction, such as detailed projects, the use of quality materials, well – executed execution and periodic maintenance, executed execution and periodic maintenance, thus making it difficult or even procrastinate the need. reinforce or restore the structure.

KEYWORDS: Pathology. Reinforced concrete. Treatment

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Principais causas de patologias.	16
Figura 2 - Exemplo de manchas no subsolo de um edifício	18
Figura 3 - Exemplo de fissuras em um piso.	19
Figura 4 - Fissura devido a retração plástica.	20
Figura 5 - Fissuras devido à retração hidráulica.	21
Figura 6 - Fissuras devido à dilatação térmica.	22
Figura 7 - Fissuras ocasionadas pela flexão.	22
Figura 8 - Fissuras ocasionadas pelo cisalhamento.	23
Figura 9 - Fissuras devido à punção.	23
Figura 10 - Exemplo de trinca.	24
Figura 11- Exemplo de rachadura.	25
Figura 12 - Corrosão das armaduras.	26
Figura 13 - Tipos de corrosão.	27
Figura 14 - Polimento de concreto.	28
Figura 15 - Apicoamento manual.	29
Figura 16 - Apicoamento mecânico.	29
Figura 17 - Produto utilizado na lavagem com soluções ácidas.	30
Figura 18 - Limpeza de superfícies por aplicação de jatos de areia e água.	31
Figura 19 - Procedimento de injeção de fissuras.	34
Figura 20 - Reparo de fissuras por grampeamento.	35
Figura 21 - Etapas para realização de processo de reparo estrutural da corrosão.	36
Figura 22 - Localização do Clube Ipiranga.	40
Figura 23 - Fachada da edificação analisada.	40
Figura 24 - Exemplo de corrosão das armaduras.	41
Figura 25 - Exemplo de manchas em vigas e lajes.	42
Figura 26 - Exemplo de fissura em viga.	43
Figura 27 - Exemplo de fissurômetro.	44

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 - Incidência de Manifestações Patológicas.	17
--	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Falhas: origens e responsáveis.....	16
--	----

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 JUSTIFICATIVA.....	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 METODOLOGIA	11
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 INTRODUÇÃO	13
2.2 CONCRETO ARMADO	13
2.2.1 Durabilidade	14
2.2.2 Vida útil.....	14
2.3 PATOLOGIA.....	15
2.3.1 Origem.....	15
2.3.2 Principais tipos de patologia.....	17
2.3.2.1 Infiltrações, manchas, mofo ou bolor e eflorescência.....	17
2.3.2.2 Fissura	18
2.3.2.2.1 <i>Tipos de fissuras encontradas no concreto armado.....</i>	<i>20</i>
2.3.2.3 Trincas e rachaduras.....	24
2.3.2.4 Corrosão	25
2.3.2.4.1 <i>Tipos de corrosão encontradas no concreto armado.....</i>	<i>26</i>
2.3.3 Mecanismos de tratamento das patologias estruturais	27
2.3.3.1 Intervenções Superficiais	27
2.3.3.2 Polimento	28
2.3.3.3 Apicoamento	28
2.3.3.4 Lavagem com soluções ácidas	29
2.3.3.5 Lavagem com soluções alcalinas	30
2.3.3.6 Lavagem com jato de areia e água	31
2.3.3.7 Tratamemto de mofo ou bolor	31
2.3.3.8 Tratamento da eflorescência	32
2.3.3.9 Tratamento da infiltração	32

2.3.3.10	Tratamento de fissuras e trincas.....	32
2.3.3.10.1	<i>Injeção</i>	33
2.3.3.10.2	<i>Grampeamento</i>	34
2.3.3.11	Tratamento da corrosão.....	35
2.3.4	Medidas preventivas para evitar as patologias.....	37
2.3.4.1	Fase de projeto.....	37
2.3.4.2	Fase de execução.....	38
2.3.4.3	Fase de manutenção.....	39
3	ESTUDO DE CASO.....	40
3.1	INTRODUÇÃO.....	40
3.2	AValiação e PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES PARA MANUTENÇÃO.....	41
3.2.1	Caso 1 – Corrosão.....	41
3.2.2	Caso 2 – Mancha.....	42
3.2.3	Caso 3 – Fissura.....	43
3.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
4	CONCLUSÃO.....	46
	REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil. É composto por cimento, areia, pedra (brita) e água, apresentando boa resistência às tensões de compressão, mas baixa resistência à tração. Ao serem adicionadas na sua composição barras de aço que compõem a armadura, recebe o nome de concreto armado, ação que confere ao elemento uma maior resistência à tração. O emprego deste material é conhecido em todo o mundo e seu uso é difundido pela facilidade de execução e adaptação as mais diferentes fôrmas, além disso, protege o aço da armadura contra corrosão. No entanto, a garantia de qualidade e segurança exige uma série de cuidados, desde a fase de projeto até a execução.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) afirma que as estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade durante sua construção e serviço, seguido das solicitações adicionais definidas entre o autor do projeto estrutural e o construtor. As três premissas mínimas de qualidade são: O desempenho em serviço, que consiste na capacidade da estrutura em manter-se em plenas condições de utilização, sem apresentar falhas que possam comprometê-la em parte ou totalmente; a durabilidade, que pode ser definida como a propensão do material de conservar-se ao longo do tempo com a mesma qualidade prevista na elaboração do projeto; e, por fim, a capacidade resistente, que garante a segurança da estrutura em relação à ruptura.

A durabilidade das estruturas em concreto armado pode ser comprometida devido a falhas na concepção do projeto ou durante a execução da obra. A má qualidade dos materiais ou emprego inadequado dos mesmos, a falta de mão de obra especializada e a ausência de manutenções periódicas durante o uso, são fatores que podem desencadear as patologias.

O termo patologia é derivado do grego (*pathos*- doença e *logia* – estudo, ciência), e significa “estudo da doença”. Na construção civil, relaciona-se este termo aos estudos da origem, causa e as consequências dos problemas que podem afetar a qualidade de uma edificação (ARIVABENE, 2015).

As patologias nas estruturas de concreto armado são as de maiores riscos na construção, pois são os elementos estruturais (fundações, pilares e vigas) que dão estabilidade a uma edificação, visto que, caso haja alguma falha em qualquer um desses elementos, poderá ocasionar problemas estéticos, comprometer a segurança, durabilidade, funcionalidade e até mesmo resultar no colapso parcial ou total da estrutura.

Determinadas anomalias são mais comuns nas estruturas de concreto armado, devido à necessidade de cuidados que frequentemente são ignorados, seja no projeto, execução ou até mesmo

no uso da edificação. Piancastelli (2017) aponta a execução como a principal origem de problemas, com 51%, em seguida, as falhas de projeto com 18%, má utilização da edificação com 13%, 7% pelo uso de materiais de baixa qualidade, fortuitas 6%, manutenção 3% e outros casos 2%.

De acordo com Machado (2002), as patologias mais recorrentes nas estruturas de concreto armado são as manchas, trincas, fissura, e corrosão da armadura. Tais distúrbios, devem ser diagnosticados o mais precocemente possível, assim, quanto antes forem tratadas, menor será a perda do desempenho da edificação e mais barato a terapêutica. Ademais se não forem suplantadas de maneira adequada, poderão ocasionar a redução da vida útil, durabilidade e segurança da edificação, o que acarretará em gastos elevados na restauração e benfeitorias.

O conhecimento das causas e origens das manifestações patológicas são primordiais, não apenas para que se possa determinar o diagnóstico adequado, mas também para garantir que, depois de recuperada, a estrutura não volte a degradar. Independente do tipo de tratamento escolhido, deve-se levar em consideração parâmetros como a relação custo/benefício, qualidade da mão-de-obra, disponibilidade de materiais e tecnologias para a execução do serviço. Após a realização da intervenção, é necessário manter o acompanhamento do desempenho da edificação, a fim de, analisar se o resultado está conforme o conjecturado ou se haverá necessidade de novas interferências (LAPA, 2008).

No que se refere à utilização de concreto armado nas construções, existem diversas maneiras de evitar a ocorrência de patologias nas fases de elaboração, execução e manutenção dessas edificações. Como exposto, o concreto armado requer certos cuidados na sua elaboração, visando otimizar a vida útil e desempenho do mesmo. Além do mais, a correta execução envolve estudo do traço, dosagem, manuseio e cura adequada do concreto, bem como a proteção contra agentes agressivos. E, por fim, cabe aos usuários utilizarem da edificação conforme previsto no projeto, com o intuito de manter as características originais ao longo de toda a sua vida útil.

1.1 JUSTIFICATIVA

O concreto armado é um dos materiais mais utilizados na indústria da construção civil no Brasil, porém seu uso e manutenção nem sempre seguem as orientações técnicas presentes na literatura. Com isso, não se consegue obter uma estrutura de qualidade e com elevada vida útil. A falta de qualidade técnica das obras não apenas diminui a vida útil da edificação, mas, com frequência, culmina no surgimento de diversos distúrbios.

A escolha por esse tema se justifica pelo fato da patologia estar intimamente ligada com a qualidade e a durabilidade de uma obra. Portanto, da mesma forma que organismos vivos, como por exemplo, os seres humanos, são tratados com medicamentos específicos para cada doença apresentada, no concreto armado ocorre da mesma maneira; existem vários tipos de patologias e cada uma deve ser estudada e tratada adequadamente.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Propor possíveis mecanismos de tratamento das patologias em estruturas de concreto armado.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar as patologias mais recorrentes;
- Identificar as origens e causas responsáveis pelo surgimento da patologia;
- Prescrever medidas importantes para tratar as patologias;

1.3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada no desenvolvimento deste trabalho constitui em uma pesquisa literária qualitativa. O levantamento bibliográfico foi realizado com base no estudo conceitual publicado em teses, dissertações, livros, artigos, monografias, meios eletrônicos, entre outras fontes, visando fornecer o embasamento teórico do trabalho e assim, amplificar o conhecimento.

Na pesquisa qualitativa, foi efetuado um estudo de caso no clube Ipiranga que se localiza no município de Anápolis – Goiás, para identificar as patologias recorrentes na estrutura de concreto armado e propor possíveis mecanismos de tratamento desses problemas estruturais. Foram necessárias três etapas para a realização de tal ensaio de caso:

I Etapa: O roteiro foi iniciado com a vistoria do local. O objetivo foi identificar e fotografar as principais patologias existentes.

II Etapa: Apresentar as principais causas das patologias identificadas. O desenvolvimento das hipóteses foram fundamentadas na analogia dos casos encontrados com os referenciados pelos autores citados neste trabalho;

III Etapa: Propor tratamentos adequados para cada patologia encontrada na edificação.

É válido mencionar algumas limitações encontradas no desenvolvimento do trabalho, o destaque se dá devido a ausência de informações no que concerne as etapas de execução da construção e a impossibilidade de obtenção dos projetos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por quatro capítulos, sendo o primeiro capítulo uma introdução com as diretrizes que serão adotadas em seu desenvolvimento. No capítulo seguinte, capítulo 2, apresentamos a revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema patologia em concreto armado. O capítulo 3 refere-se a um estudo de caso realizado em estruturas de concreto armado, os procedimentos metodológicos empregados para a realização das inspeções e os resultados obtidos das mesmas. No capítulo 4 apresentamos as nossas conclusões deste trabalho, seguido das referências bibliográficas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 INTRODUÇÃO

As patologias surgem ao longo da vida útil das edificações, por meio das ações do meio ambiente onde foram implantadas, bem como podem manifestar-se devido aos métodos utilizados na fase de projeto e execução, no uso inadequado dos materiais, a ausência de fiscalização dos responsáveis técnicos e pela falta de manutenção pós-obra.

2.2 CONCRETO ARMADO

O uso do concreto armado pode ser considerado recente. As primeiras peças surgiram há pouco mais de 150 anos, porém seu emprego efetivo em construções com embasamento técnico e modelos de cálculo racionais, ocorre há menos de 100 anos. Desde então, tem sido, pelas suas vantagens, utilizado em larga escala pela indústria da construção (CLÍMACO, 2005).

O concreto em sua composição simples, é um material formado por água, cimento, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (brita ou pedra). Alguns aditivos (como pozzolanas, sílicas e fibras) são optativos, e empregados conforme o desempenho esperado para o material. O material resultante apresenta propriedades como plasticidade, facilidade em se moldar em variadas formas construtivas, resistência e durabilidade (BASTOS, 2006).

Bastos (2006), afirma que:

O concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão). Assim sendo, é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração, com o objetivo deste material, disposto convenientemente, resistir às tensões de tração atuantes. Com esse material composto (concreto e armadura – barras de aço), surge então o chamado “concreto armado”, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração e o concreto absorve as tensões de compressão (BASTOS, 2006).

Na visão de Alves (2014), o concreto armado é obtido por meio da associação entre concreto simples e uma armadura devidamente posicionada, denominada armadura passiva, de modo que os dois materiais trabalhem em conjunto para resistir aos esforços solicitantes. Mesmo que uma armadura passiva resistente a tração esteja corretamente posicionada no elemento estrutural de concreto, para que as tensões de tração sejam efetivamente transmitidas à armadura, é necessário que haja aderência entre o concreto e o material resistente a tração em questão.

A necessidade dessa aderência é o motivo pelo qual os vergalhões de aço destinados a resistir à tração, apresentam nervuras em sua superfície e não são lisos, o que diminuiria a eficiência do aço no conjunto e facilitaria seu escorregamento dentro do elemento estrutural.

2.2.1 Durabilidade

Isaia (2001) define durabilidade como a resistência de um material ou elemento estrutural à deterioração ou degradação. De outra forma, é a capacidade do material de se conservar ao longo do tempo com a mesma qualidade prevista no projeto.

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), item 5.1.2.3, durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”. No item 6.1 prescreve que “as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil”.

O código FIP-CEB (Comitê Euro-internacional *du Béton*) define durabilidade como a “capacidade da estrutura em oferecer o desempenho requerido durante um período de vida útil desejado” (ARIBAVENE, 2015). Portanto, o concreto é considerado durável quando desempenha as funções que lhe foram atribuídas, mantendo a resistência e a utilidade esperada, durante um período previsto.

2.2.2 Vida útil

A vida útil pode ser definida como o período de tempo no qual a estrutura é capaz de exercer bem as funções para as quais foi projetada, sem a necessidade de manutenção imprevista (HELENE, 2003).

Para a NBR 6118 (ABNT, 2014), item 6.2, vida útil de projeto é o “período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme itens 7.8 e 25.4, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais”.

Quando as propriedades de um material se deterioram a tal ponto que a continuação do seu uso é considerada inseguro ou antieconômica, conseqüentemente, determina-se que a sua vida útil chegou ao fim (ANDRADE, 1997).

2.3 PATOLOGIA

Desde o início da civilização o homem tem se preocupado com a construção de estruturas adaptadas às suas necessidades, com isso a humanidade acumulou um grande acervo científico e tecnológico ao longo dos anos. Devido a esse crescimento da construção civil, inúmeras estruturas apresentam desempenho insatisfatório, em função de imperícias, falta de qualidade dos materiais empregados, erros de projetos e execução, enfim, diversos fatores que contribuem para a deterioração das estruturas (ARIBAVENE, 2015).

Segundo Nazario e Zancan (2011):

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da medicina que estuda as doenças. A palavra patologia tem origem grega de “phatos” que significa sofrimento, doença, e de “logia” que é ciência, estudo. Então, conforme os dicionários existentes podem-se definir a palavra patologia como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças (NAZÁRIO; ZANCAN, 2011)

Souza e Ripper (2009) define patologia das estruturas como uma nova área da Engenharia das Construções que se ocupa em estudar as origens, causas, conseqüências da deterioração das estruturas.

2.3.1 Origem

Todas as construções envolvem três tipos de fases. A primeira fase é a de projeto ou concepção, que tem por objetivo definir os critérios gerais a serem seguidos no desenvolvimento do empreendimento. A segunda etapa é a de construção ou execução, onde podem ser destacadas as atividades de execução de todos os projetos e a escolha e utilização dos materiais, os quais podem influenciar no desempenho da estrutura. E, por fim, a terceira e última fase é a de utilização e manutenção, onde a obra é concluída e entregue ao proprietário, o qual fará o uso do empreendimento, cabendo a ele cuidar para que as características da estrutura seja mantida (AZEVEDO, 2011).

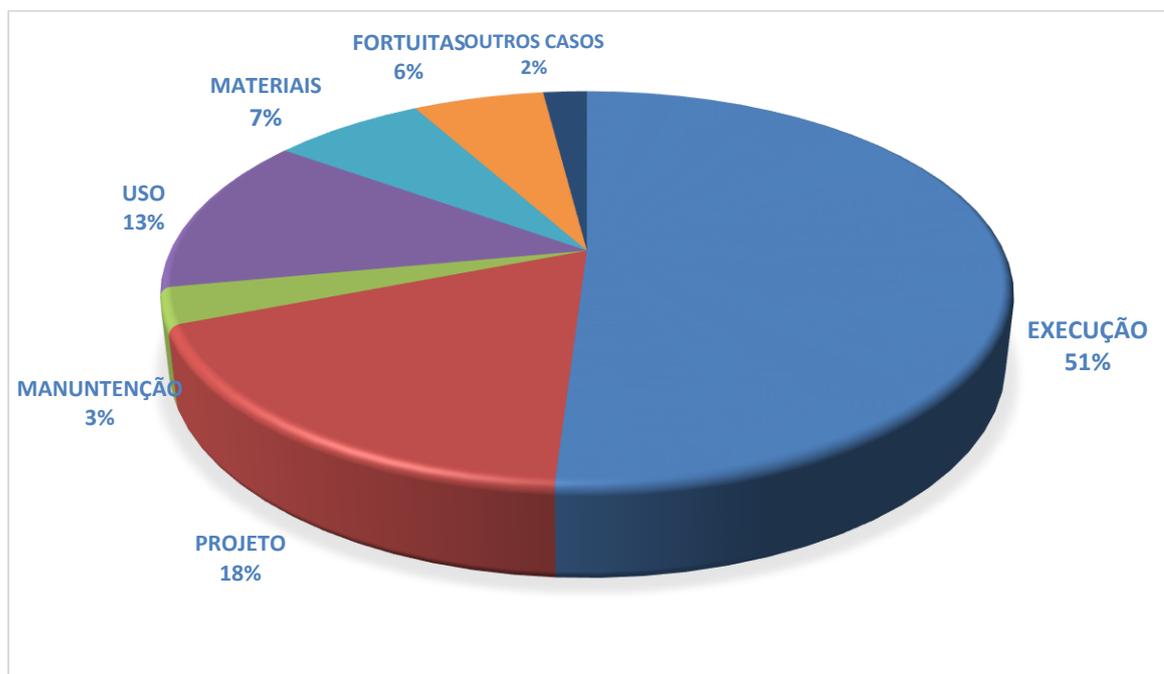
Em qualquer uma das etapas mencionadas pode ocorrer patologias, e das mais diversas formas possíveis. Sintetizando, para cada etapa do processo construtivo, é possível identificar os responsáveis pelas falhas, como demonstrado na tabela 1:

Tabela 1 - Falhas: origens e responsáveis.

Origem da patologia	Responsável pela falha
Fase de projeto	Projetista
Fase de execução	Mão de obra sem qualificação ou fiscalização omissa
Etapa de utilização	Falta de manutenção ou utilização para fins diferentes dos calculados em projeto
Qualidade do material	Fabricante/fornecedor

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES

A figura 1 demonstra que as patologias geralmente são motivadas, por falhas na execução do projeto. Também podem ocorrer devido aos erros na realização de uma ou mais etapas durante a execução da obra, ou posteriormente, por falta de manutenção no decorrer do tempo ou quando a edificação é utilizada para fins diferentes dos previstas em projeto.

Figura 1 - Principais causas de patologias.

Fonte: ADAPTADO PELOS AUTORES DE PIANCASTELLI, 2017.

Há ainda as patologias causadas por agentes externos como: Ação da umidade, variação de temperatura, instabilidade do solo, ação excessiva dos ventos. Esses agentes ocasionam patologias das mais comuns às mais perigosas, e é responsabilidade do engenheiro pressupor e dimensionar a

estrutura, de modo prevenir o surgimento de patologias decorrentes desses fenômenos (GONÇALVEZ, 2015).

As patologias relacionadas às fases de projeto, execução e utilização surgem em um período inferior a dois anos, porém no decorrer do uso da construção os problemas podem aparecer depois de muitos anos. Por isso, é preciso saber em qual etapa surgiram os vícios construtivos, até mesmo para a atribuição de responsabilidades civis (MACHADO, 2002).

De acordo com Souza e Ripper (2009):

[...] as causas da deterioração podem ser as mais diversas, desde o envelhecimento “natural” da estrutura até os acidentes, e até mesmo a irresponsabilidade de alguns profissionais que optam pela utilização de materiais fora das especificações, na maioria das vezes por alegadas razões econômicas (Souza e Ripper, 2009).

No quadro 1, Machado (2002) relaciona as manifestações patológicas mais recorrentes, em ordem crescente de ocorrência estatística:

Quadro 1 - Incidência de Manifestações Patológicas.

Manifestações Patológicas	Ocorrência
Deterioração e degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes do concreto	20%
Corrosão das armaduras do concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: ADAPTADO PELOS AUTORES DE MACHADO, 2002.

2.3.2 Principais tipos de patologia

2.3.2.1 Infiltrações, manchas, mofo ou bolor e eflorescência

As umidades nas construções são muito recorrentes, a infiltração de água, além de prejudicar a arquitetura, causa manchas, corrosão, fungos, bolor, surgimento de algas, eflorescências, fissuras, e mudança de coloração dos revestimentos (TAGUCHI, 2010).

A infiltração ocorre quando a quantidade de água em contato com uma superfície é tão grande que, a mesma flui ou até goteja por meio dessa superfície. A água que fica aderida, resultará no que chamamos de mancha. Bolor ou mofo é definido como sendo a colonização por diversas

populações de fungos filamentosos sobre os vários tipos de superfície, os quais originam manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde, como apresentado na figura 2. Eflorescência são formações salinas que ocorrem nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade (ARIVABENE, 2015).

Figura 2 - Exemplo de manchas no subsolo de um edifício .



Fonte: TECHNÉ, 2010.

A proliferação de fungos nas camadas de revestimento, seja ele dos mais diversos tipos, formam colônias que se nutrem de materiais orgânicos. Os locais ideais para o seu acúmulo são áreas que apresentam umidade por condensação e que não haja água corrente (PINTAN, 2013).

2.3.2.2 Fissura

Segundo Oliveira (2012), as fissuras, trincas e rachaduras são patologias geralmente encontradas em vigas, pilares, lajes, pisos entre outros elementos, normalmente causadas por tensões dos materiais. Se na estrutura for solicitado um esforço maior que sua resistência acontece a falha provocando uma abertura, e conforme sua espessura sera classificada como fissura, trinca, rachadura, fenda ou brecha.

A fissura “é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm”, como demonstrado na figura 3 (VITÓRIO, 2003).

Figura 3 - Exemplo de fissuras em um piso.



Fonte: CONSTRUÇÃO MERCADO, 2010

As fissuras são manifestações patológicas frequentes nas estruturas de concreto. Quando estas aparecem servem para chamar a atenção dos usuários para o fato de que algo de anormal está a acontecer. É necessário observar corretamente o quadro de fissuração, já que ele pode ser provocado pelos mais diversos fatores, como por exemplo: reações expansivas ocasionadas por agentes externos que penetram na estrutura, como cloretos, dióxidos de carbono e outros compostos, recalques diferenciais, a cura imprópria do concreto e a não previsão adequada do comportamento da estrutura (SILVIA, 2011).

Nas estruturas de concreto armado, as fissuras podem manifestar-se depois de anos, semanas, ou após algumas horas. As causas das fissuras podem ser por diversos motivos e nem sempre são fáceis de detectar. Para poder entender de qual tipo de fissura se trata é necessário conhecê-las e estudá-las, só assim poderá ser aplicado o tratamento adequado.

Souza e Ripper (2009) explicam que, “[...] as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum [...]” que até mesmo para leigos, as fissuras são preocupantes pois, destacam que há algo anormal com a estrutura.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), as fissuras são consideradas agressivas quando sua abertura na superfície do concreto armado ultrapassa os seguintes valores:

- 0,2 mm para peças expostas em meio agressivo muito forte (industrial e respingos de maré);
- 0,3 mm para peças expostas a meio agressivo moderado e forte (urbano, marinho e industrial);
- 0,4 mm para peças expostas em meio agressivo fraco (rural e submerso).

2.3.2.2.1 Tipos de fissuras encontradas no concreto armado

a) Fissuras devido à retração plástica

Quando o concreto está no seu estado fresco, ocorre a perda de água exsudada para a superfície, devido à evaporação da mesma, ou perda de água por sucção das formas, quando estas não estão impermeabilizadas, ou sucção dos substratos. A remoção desta água forma uma série complexa de meniscos capilares que criam pressões capilares negativas que provocam contração volumétrica da pasta de cimento. Esta contração uma vez restringida, seja pela presença de agregados de grandes dimensões ou pela armadura, provocará tensões de tração e consequentemente fissuração sem formas definidas como mostrado na figura 4 (NUNES; FIGUEIREDO, 2007).

Figura 4 - Fissura devido a retração plástica.



Fonte: TECNOSILBR, 2017.

b) Fissuras devido à retração hidráulica ou por secagem.

A quantidade excedente de água, empregada na preparação do concreto permanece livre no interior da massa, evaporando-se com o passar do tempo consequentemente ocasionando tensões capilares e retração que resulta em esforços de tração causando fissuras (VALLE, 2008).

A figura 5 é um exemplo de fissura devido à retração hidráulica onde o concreto não foi capaz de resistir as tensões, apresentando aberturas sem direção definida.

Figura 5 - Fissuras devido à retração hidráulica.



Fonte: RIZZO, 2016.

c) Fissuras devido à variação de temperatura

As estruturas de concreto estão sujeitas ao aquecimento durante o dia e se resfriam de noite, provocando assim a dilatação e a contração. A amplitude da movimentação depende das propriedades físicas dos materiais e da variação da temperatura (COSTA, 2016).

Segundo Marcelli (2007), a mudança de temperatura ocasiona variações dimensionais no concreto, de modo que, se o elemento estiver impedido de se movimentar, essa variação térmica provoca tensões elevadas e consequentemente fissuras.

As coberturas planas estão mais expostas às mudanças térmicas naturais do que as outras estruturas verticais. Diante disso ocorrem dilatações e contrações diferenciadas que originam fissuras

à largura da laje, normalmente com um traçado bem definido como apresentado na figura 6 (VALLE,2008).

Figura 6 - Fissuras devido à dilatação térmica.

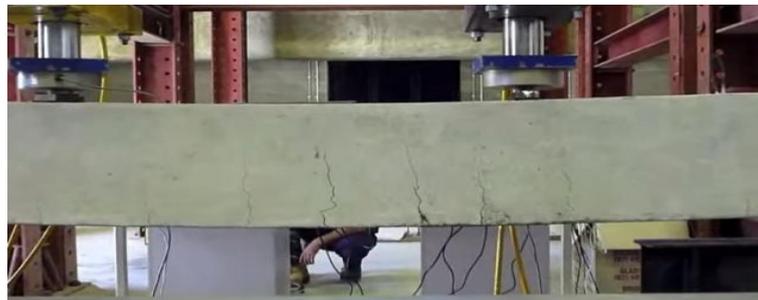


Fonte: AECWEB, 2017.

d) Fissuras devido à flexão

A fissura devido à flexão, conforme exemplificada na figura 7 pode ocorrer devido a vários motivos como o mal dimensionamento da viga, aplicação de sobrecarga no decorrer da obra que não foi prevista em projeto, carregamento precoce da estrutura ou por erros de concepção estrutural. Essas fissuras são verticais, no meio do vão e apresentam aberturas maiores em direção à face inferior da viga onde estão as fibras mais tracionadas. Já nos apoios, formam um ângulo de 45° com a horizontal devido ao esforço cortante (KERKOFF, 2017).

Figura 7 - Fissuras ocasionadas pela flexão.



Fonte: O BLOG DA ENGENHARIA CIVIL, 2015.

e) Fissuras devido ao cisalhamento

As fissuras devido ao cisalhamento são diagonais e ocorrem onde o esforço cortante é máximo, como demonstrado na figura 8. Elas surgem devido à falta de seção de concreto suficiente ou falta de armadura resistente ao cisalhamento, podem ser geradas na fase do projeto ou na fase execução da viga. As fissuras iniciam-se onde a viga está apoiada e terminam na região onde a carga está sendo aplicada (TRINDADE,2015).

Figura 8 - Fissuras ocasionadas pelo cisalhamento.

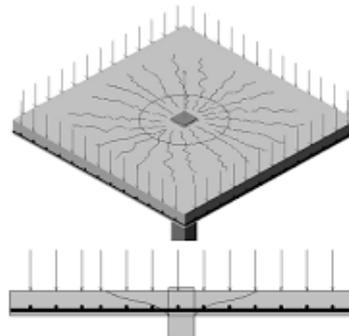


Fonte: O BLOG DA ENGENHARIA CIVIL, 2015.

f) Fissuras devido à punção

Segundo Marcelli (2007), essa manifestação patológica ocorre normalmente em peças estruturais de concreto que estão submetidos a forças pontuais, como é o caso de lajes que se apoiam diretamente em pilares ou vice-versa. Essas fissuras podem ser causadas devido há vários fatores como: carga excedente, concreto com baixa resistência, erros na execução ou armadura insuficiente ou mal posicionada junto aos apoios. A figura 9 é uma demonstração do formato da fissura devido a punção.

Figura 9 - Fissuras devido à punção.



Fonte: GIUGLIANE & VIEGAS, 2013.

2.3.2.3 Trincas e rachaduras

A definição de fissura pode conflitar com os conceitos de “trinca” e “rachadura”. O tratamento das trincas é semelhante ao da fissura, diferenciando-se apenas na dimensão. Segundo Vitório (2003) a trinca “é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm”.

A figura 10 é um tipo de trinca e fator determinante para identificar uma trinca é a “fragmentação entre a superfície”, ou seja, o material onde a trinca se encontra está dividido em duas partes e pode afetar a estrutura da edificação (ARIBAVENE, 2015).

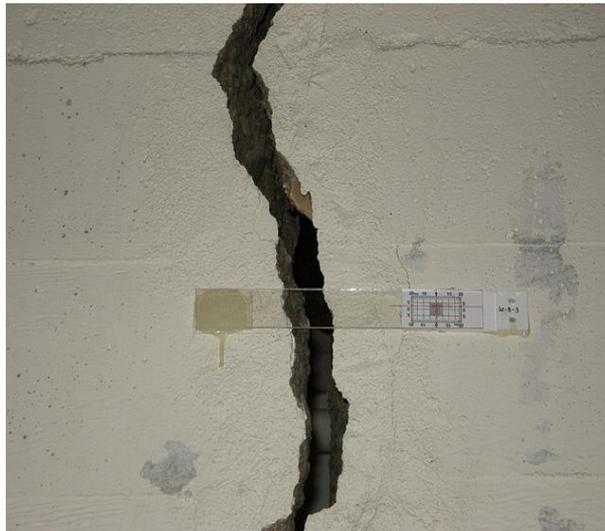
Figura 10 - Exemplo de trinca.



Fonte: ATEX, 2017.

As rachaduras têm propriedades que diferenciam das demais, possuem abertura acentuada e extensa, como exemplificado na figura 11. Segundo Vitório (2003) a rachadura “é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm”.

Figura 11- Exemplo de rachadura.



Fonte: ECIVILNET.

2.3.2.4 Corrosão

O processo de corrosão nas armaduras das estruturas de concreto armado, pode ser definida como um processo de degradação da ferragem existente, que conseqüentemente provoca a perda de seção transversal das barras de aço. Por ser um fenômeno expansivo, a corrosão provoca fissuras, trincas, deixando, assim, a armadura exposta aos seus agentes agressivos, o que acelera ainda mais o processo corrosivo (CASCUDO, 2005).

“Os danos da corrosão podem afetar a capacidade portante dos componentes estruturais, em função da perda de seção transversal das armaduras, da perda de aderência entre o aço e o concreto e da fissuração deste”. (SBARDELINI; PEREIRA; CISOTTO, 2008).

Segundo Vitório (2003), fatores como a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento são responsáveis pela oxidação da armadura, quando esta é atingida por elementos agressivos. Nos elementos estruturais em que o aço já foi vítima de corrosão, ocorre um aumento do volume de oito até dez vezes do volume original e a força da expansão expelle o concreto do cobrimento, deixando a armadura totalmente exposta à ação dos agentes externos conforme apresentado na figura 12, provocando a aceleração do processo de corrosão do aço. A continuidade desse fenômeno acarreta a total destruição da armadura de aço.

Figura 12 - Corrosão das armaduras.



Fonte: AECWEB POR MARCELO MEDEIROS.

As causas mais frequentes da ocorrência da corrosão no concreto são: execução das peças estruturais malfeitas, concreto de baixa resistência, ambiente agressivo, cobrimento insuficiente, manutenção inadequada ou nula e presença de cloretos (HELENE, 2003).

2.3.2.4.1 Tipos de corrosão encontradas no concreto armado

De acordo com Figueiredo (2013) a corrosão das armaduras é caracterizada de diversas formas, sendo elas por corrosão generalizada ou uniforme, localizada, por pite e com formação de fissuras, conforme exemplificado na figura 13.

a) Corrosão generalizada ou uniforme

Segundo Figueiredo (2013) a corrosão generalizada ou uniforme ocorre em toda a superfície da armadura, podendo ser de forma regular ou irregular (faixas com uma corrosão mais acentuada).

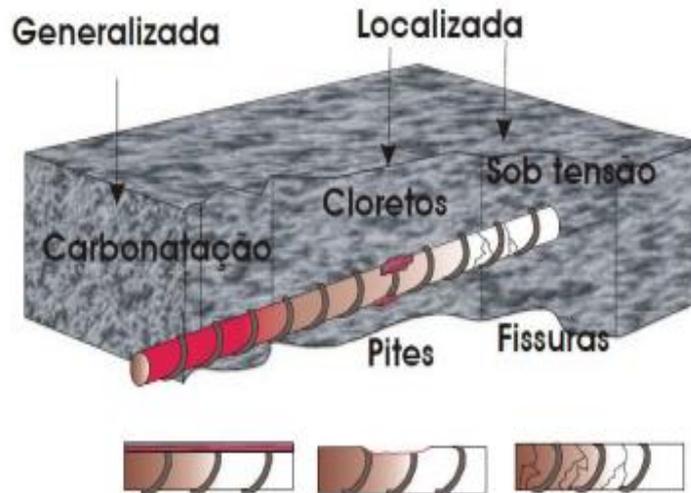
b) Corrosão por pite

Segundo Figueiredo (2013) a corrosão com formação de pites, seu ataque se dá em regiões mais localizadas, acarretando uma perfuração na armadura em locais específicos, enquanto que em regiões vizinhas se mantem intactas.

c) Corrosão sob tensão fraturante

Segundo Figueiredo (2013) a corrosão com formação de fissuras advém da ação da corrosão combinada com tensões elevadas de tração, formando fissuras no metal.

Figura 13 - Tipos de corrosão.



Fonte: FERREIRA, 2017.

2.3.3 Mecanismos de tratamento das patologias estruturais

A qualidade dos serviços de recuperação estrutural, depende de um diagnóstico preciso das patologias, por exemplo, a presença fissuras, trincas, corrosão da armadura ou manchas na superfície do concreto. Após a sua determinação, passa-se então à escolha da técnica pertinente que abrange a seleção dos materiais de qualidade e também uma mão-de-obra qualificada para a execução do serviço. Este item apresenta os métodos de preparo e limpeza e as técnicas mais frequentes empregadas no tratamento de patologias estruturais em concreto armado.

2.3.3.1 Intervenções Superficiais

Consiste na técnica que visa a preparação e limpeza da superfície para uma futura recuperação da estrutura, ou um desgaste superficial para que o concreto retome ao seu aspecto anterior. Neste item serão apresentadas as seguintes técnicas: polimento, apicoamento, lavagem com soluções ácidas, lavagem com soluções alcalinas e lavagem com jato de areia e de água.

2.3.3.2 Polimento

O polimento do concreto armado é um procedimento utilizado quando a superfície da estrutura estiver profundamente áspera, devido à má execução, ao desgaste natural que ocorre com próprio uso, erros em dosagens do concreto ou vibração ineficiente. Este método procura diminuir a aspereza da área, deixando a textura da mesma mais lisa possível como mostrado na figura 14, evitando que partículas se separem da estrutura com o passar do tempo (GONÇALVEZ, 2015).

Figura 14 - Polimento de concreto.



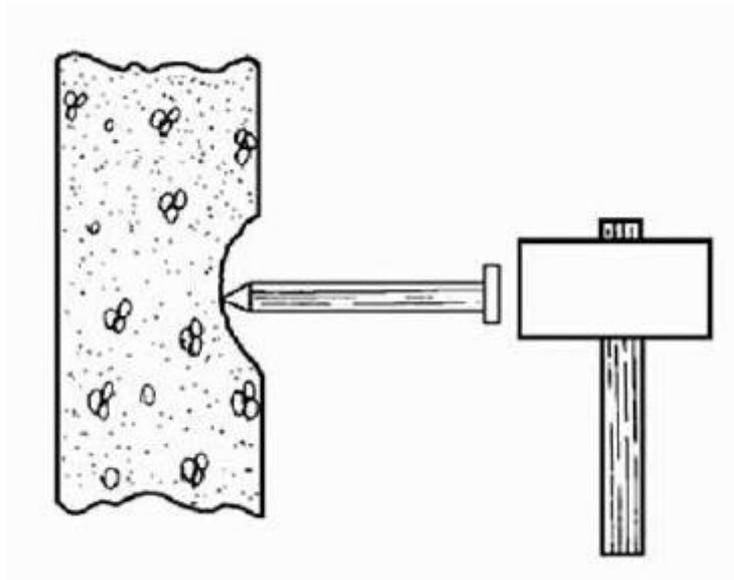
Fonte: RASPADORA REAL.

2.3.3.3 Apicoamento

O apicoamento é um método onde é retirado uma fina camada de concreto da superfície da estrutura, deixando a mesma áspera, com o intuito de proporcionar boa aderência para uma futura camada colocada sobre esta, tais como argamassas, concreto projetado ou concreto aditivado. A espessura de retirada nesse método não ultrapassa 10 mm (LAPA, 2008).

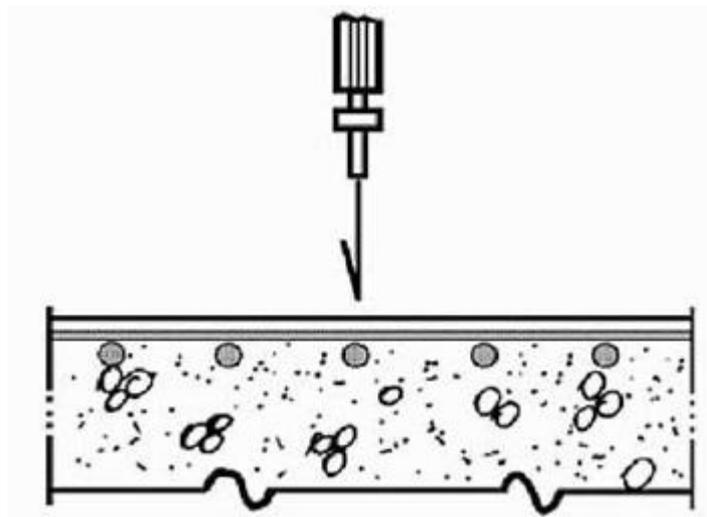
O apicoamento pode ser mecânico ou manual, como exemplificado nas figuras 15 e 16 respectivamente, e a escolha do processo depende da profundidade do concreto que se deseja remover e do grau de rugosidade e homogeneidade que se queira conferir à superfície tratada (SOUSA; RIPPER, 2009).

Figura 15 - Apicoamento manual.



Fonte: SOUZA; RIPPER, 2009

Figura 16 - Apicoamento mecânico.



Fonte: SOUZA; RIPPER, 2009.

2.3.3.4 Lavagem com soluções ácidas

A lavagem com soluções ácidas é feita na superfície das estruturas de concreto onde uma limpeza somente com água não seria suficiente para limpar a mesma. Essa lavagem visa remover tintas, ferrugens, graxas, e outros resíduos que porventura venham causar manchas. Geralmente a solução aplicada é a de ácido muriático, (ácido clorídrico comercial), como mostrado na figura 17, misturado em água na proporção de 1:6 (GONÇALVEZ, 2015).

Para a utilização correta desta técnica, deve-se levar em consideração se o revestimento da armadura está conforme o especificado no projeto ou se foi desgastado por algum motivo. Caso o revestimento esteja com a espessura reduzida, a lavagem deve ser realizada com soluções alcalinas. Em juntas de dilatação ou perto das mesmas não é recomendável o uso deste tipo de lavagem, pois seria mais difícil a remoção do produto aplicado (SOUZA, 2006).

Começa o procedimento com a lavagem do local para prevenir que o ácido penetre no concreto, após isso será aplicada a solução ácida por aspersão ou com o uso de uma broxa até que pare o processo de descontaminação, ou seja, quando parar a reação do produto com o concreto deteriorado. Após o fim do borbulhamento causado pela descontaminação, inicia-se a lavagem para garantir a total remoção dos resíduos da solução e do material afetado. Essa lavagem deve ser realizada com o uso de uma solução neutralizadora e posteriormente com jatos d'água. (GONÇALVEZ, 2015).

Figura 17 - Produto utilizado na lavagem com soluções ácidas.



Fonte: UMCOMO, 2017.

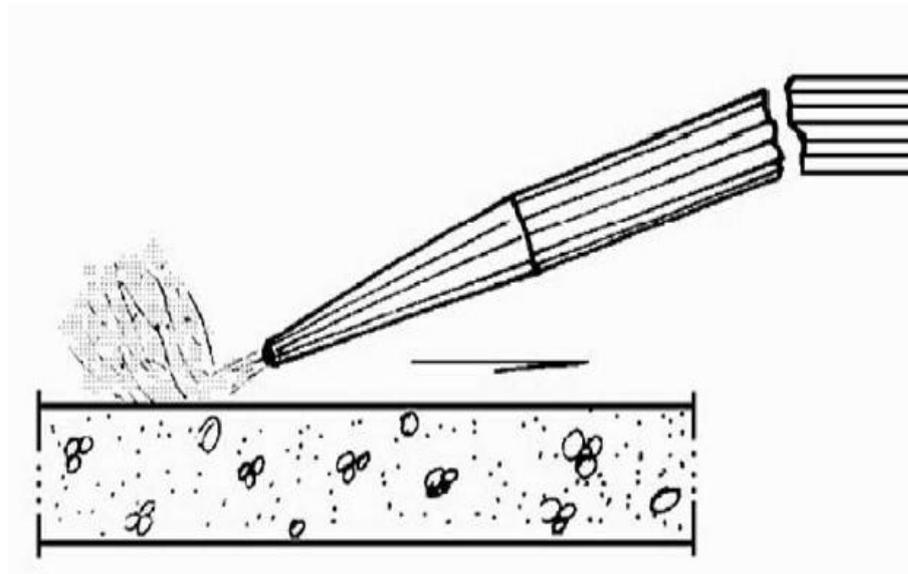
2.3.3.5 Lavagem com soluções alcalinas

A lavagem utilizando-se soluções alcalinas possui um procedimento análogo ao realizado com soluções ácidas, podendo ser realizado em regiões próxima das armaduras. Quando se utiliza esse tipo de solução em concreto com agregados reativos, pode acabar gerando uma reação álcali-agregado, que é extremamente nociva à estrutura e possui caráter expansivo, conseqüentemente, poderá gerar fissuração (SOUZA; RIPPER, 2009).

2.3.3.6 Lavagem com jato de areia e água

Esta técnica consiste em remover a camada desgastada do concreto, utilizando-se jatos de areia ou de água ou ainda uma mistura dos dois como ilustrado na figura 18. Quando for utilizado jato de areia, é primordial que a mesma esteja limpa, seca e não pode apresentar matéria orgânica ou qualquer outro tipo de material e uma vez utilizada deve ser descartada. A areia deve apresentar uma granulometria adequada para que não ocorra o entupimento da mangueira. Quando a água é utilizada, é necessário que ela esteja em temperatura ambiente. Tanto os jatos de areia quanto de água podem ser utilizados simultaneamente ou um após o outro para garantir uma maior eficiência do procedimento (SOUZA; RIPPER, 2009).

Figura 18 - Limpeza de superfícies por aplicação de jatos de areia e água.



Fonte: SOUZA; RIPPER, 2009.

2.3.3.7 Tratamento de mofo ou bolor

Segundo Santos Filho (2008), o tratamento de mofos e bolores compreende nos seguintes procedimentos:

- a) Executar limpeza dos substratos contaminados;
- b) Empregar de soluções fungicidas;
- c) Utilizar durante o reparo materiais de construção mais resistentes ao bolor, como os materiais fungicidas.

Para prevenir a manifestação de bolores, alguns autores recomendam cuidados desde a fase de projeto, como por exemplo: disposição adequada dos espaços internos, projetar janelas e vãos que favoreçam a ventilação, proteção interna e externa das paredes que estão sujeitas a infiltração de água.

2.3.3.8 Tratamento da eflorescência

No caso das eflorescências as manchas devem ser retiradas lavando o local com produtos especiais recomendados para esse tipo de problema ou com solução ácida (por exemplo, uma solução de 10% de ácido clorídrico (RESENDE, 2001).

2.3.3.9 Tratamento da infiltração

Quando a infiltração é devida as falhas na impermeabilização um dos possíveis tratamentos é com a injeção de produtos cristalizantes em furos executados nas bases do local danificado de modo a impedir a ascensão da umidade por capilaridade. Este produto deve ser aplicado em materiais encharcados (quanto mais umidade maior poder de penetração do produto). Pode-se aplicar diretamente sobre as superfícies ou por meio de furos feitos com brocas de aço para aumentar o poder de penetração (LOTTERMANN, 2014).

Uma outra opção para solucionar o problema de infiltração é escarificar o local danificado, limpar e regularizar a superfície. Posteriormente fazer a nova impermeabilização do local com argamassa composta por aditivos impermeabilizantes, ou impermeabilizantes elásticos (LOTTERMANN, 2014).

2.3.3.10 Tratamento de fissuras e trincas

O propósito de se tratar fissuras e trincas, do ponto de vista estético, é possibilitar a sensação de segurança por parte dos proprietários. Na visão técnica, o tratamento de fissuras e trincas impede a passagem de líquidos e gases prejudiciais à estrutura.

As técnicas de reparo das fissuras e trincas podem ser feitas através de injeções e grampos. Cada técnica utilizada é importante o prévio conhecimento de cada fissura ou trinca, para que seja adotada a técnica correta.

2.3.3.10.1 Injeção

O tratamento mais utilizado para fissura ou trinca na estrutura é a injeção, essa técnica consiste em injetar um material adesivo de baixa viscosidade, que após estar endurecido permite recuperar as propriedades originais da estrutura (QUESADA, 2003).

Os produtos que serão injetados devem levar em consideração alguns critérios como o tipo de fissura, as condições de trabalho do produto endurecido, da obra e a temperatura, garantindo estabilidade enquanto o produto está na forma líquida, sem que reação de polimerização entre os componentes químicos esteja completa (MEDEIROS, 2007).

Existem dois tipos de fissuras, passivas e ativas. As fissuras passivas são aquelas que não aumentam ou tem um aumento insignificante ao longo do tempo. As fissuras ativas consistem naquelas em que suas dimensões variam com o passar do tempo (GONÇALVES, 2015).

A determinação do tipo de fissura (ativa ou passiva) se dá utilizando extensômetros dos tipos mecânicos, óticos, elétricos, hidráulicos, acústicos, dentre outros. É uma avaliação importante, pois altera a forma de reparo da área, pois as fissuras ativas não devem receber injeção de epóxi, devendo ser calafetadas com selantes (GONÇALVES, 2015).

As fissuras apresentam cavidades principais, secundárias, terciárias, etc., que exigem, para um total preenchimento, produtos com baixas viscosidades. Se utilizar uma resina de viscosidade alta, corre-se o risco de preencher apenas a cavidade principal da fissura, bloqueando e deixando sem tratamento as cavidades secundárias e terciárias da fissura (Rocha, 2006).

Nas fissuras passivas, geralmente são usados materiais rígidos, como epóxi ou grouts, e em fissuras ativas, são usadas resinas acrílicas ou poliuretânicas (SOUZA; RIPPER, 2009).

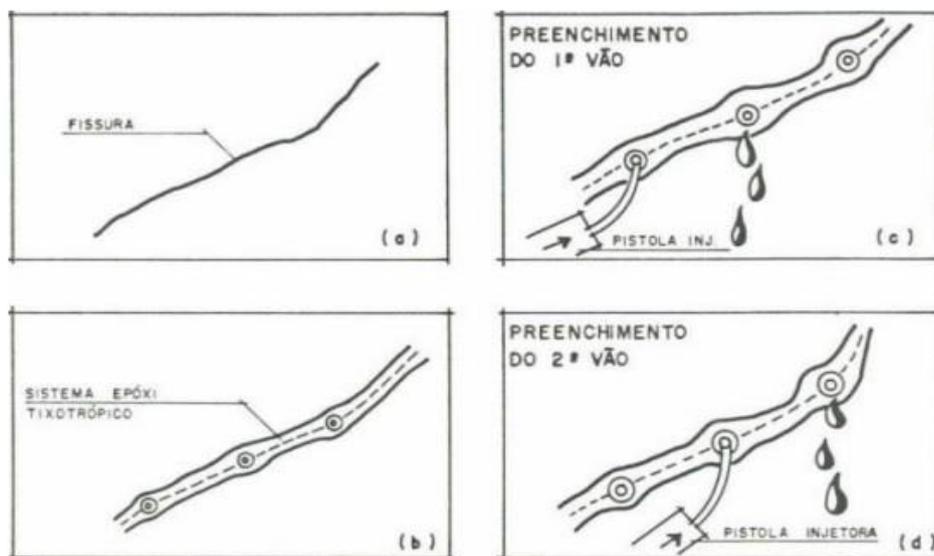
Souza e Ripper (2009) explica o processo de injeção que deve observar os seguintes passos, conforme exemplificado na figura 19:

- a) Abrir os furos com diâmetros entre 8 e 10 mm, espaçados de 20 à 50 centímetros um do outros. Nestes furos devem posicionar bicos metálicos ou de plásticos de diâmetros inferiores aos mesmos. Pelos tubos o produto deverá ser inserido;
- b) Limpar os furos que foram abertos, assim como de toda a superfície fissurada, objetivando a extração das partículas soltas, poeira e eventualmente outros materiais presentes;
- c) Aplicar um selante externo, que deverá ser espalhado com colher de pedreiro, espátula ou outro equipamento semelhante. Este processo de selante possibilita uma

separação entre o meio externo e a abertura da fissura. Para dar continuidade ao procedimento deve esperar doze horas até que o selante esteja seco. Ao redor dos tubos plásticos, a concentração da cola deve ser ligeiramente maior, de forma a garantir a fixação deles.

- d) Após esperar as dozes horas, a injeção pode então iniciar-se, tubo a tubo, sempre com pressão crescente, escolhendo-se normalmente o ponto de cota mais baixa até que a mesma saia no próximo ponto de cota.

Figura 19 - Procedimento de injeção de fissuras.



Fonte: FIGUEIREDO, 1989.

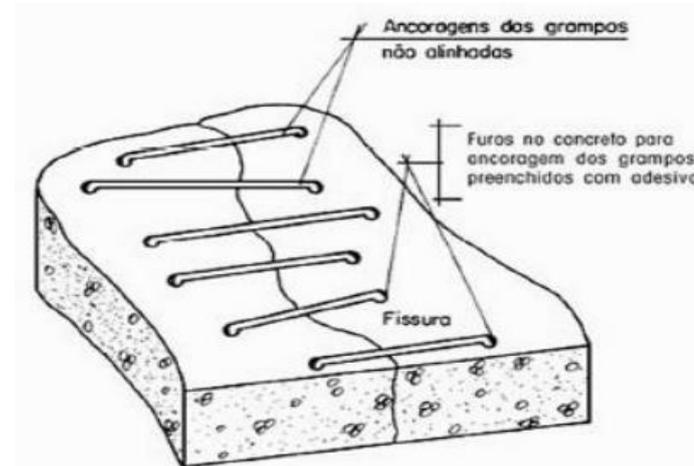
2.3.3.10.2 Grampeamento

Nas fissuras ativas em que o seu desenvolvimento acontece segundo linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente, poderá vir a ser conveniente a disposição de armadura adicional, de forma a resistir ao esforço de tração extra que provocou a fendilhação. Em função do seu aspecto e de seu propósito, estas armaduras são chamadas grampos, sendo este o processo de costura das fendas (SOUZA; RIPPER, 2009).

Trindade (2015) explica que a execução do grampeamento se dá inicialmente pela inserção dos grampos em furos previamente feitos, preenchendo os espaços que restam com resina epóxi ou argamassa. Os grampos devem ser posicionados com inclinações diferentes, para que não fiquem

alinhados e os esforços transmitidos não sejam exercidos em um único plano. A Figura 20 mostra uma estrutura grampeada.

Figura 20 - Reparo de fissuras por grampeamento.



Fonte: SOUZA; RIPPER 2009.

2.3.3.11 Tratamento da corrosão

No método de tratamento do aço, primeiramente, deve-se efetuar limpeza de toda armadura oxidada para remover óleos, graxas, e qualquer indício de oxidação, utilizando-se do procedimento de escovação manual ou por jato de areia (GONÇALVEZ, 2015).

Depois da limpeza da ferragem, deverá ser avaliado se existe a necessidade de substituição de alguma parte da ferragem afetada, ou ainda, a adição de armadura na superfície corroída, devido à possível redução na seção da mesma (MARCELLI, 2007).

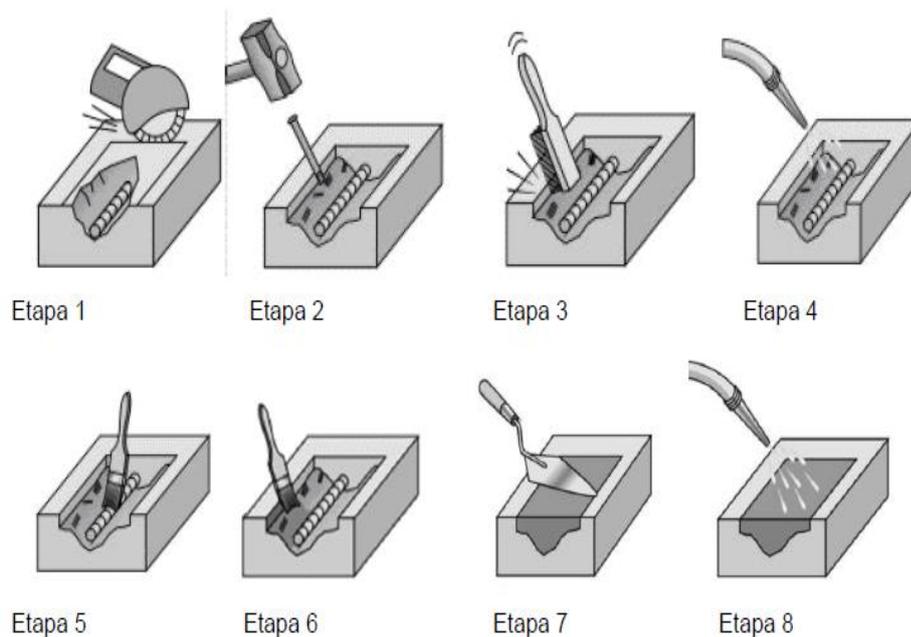
Soares e col. (2015) se a perda de seção da barra for de até 10%, primeiramente deve ser feita uma limpeza correta em toda base, criando uma superfície aderente e marcando as áreas não danificadas ou não aderidas. Logo depois, retira-se todo o concreto, para que possa realizar a limpeza da ferragem oxidada e recobri-la com tintas anticorrosivas, e por fim preencher novamente a seção com um novo concreto. Entretanto, se a perda for maior que 10%, corta-se a parte da barra danificada, repõem-se com uma nova e amarra a um trecho íntegro da barra antiga.

Lapa (2008) sintetiza de maneira objetiva as etapas de restauração de uma armadura, conforme pode ser observado na figura 21:

- a) Definir a superfície que será tratada, já determinada no projeto;

- b) Fazer o devido escoramento para evitar acidentes, como o desmoronamento da estrutura.
- c) Retirar todo o concreto danificado ao redor da armadura com corrosão, com jato d'água ou ferramentas manuais, para não deteriorar ainda mais a armadura ou sua aderência ao concreto;
- d) Limpar as barras deterioradas, com escova de aço para superfícies pequenas ou jato d'água para grandes áreas;
- e) Avaliar a perda da capacidade de resistência da ferragem corroída. Se for superior a 10% as barras deverão ser suplementadas;
- f) Pintar a armadura tratada e a suplementar, se esta for necessária, com tinta especial anti-ferrugem;
- g) A seção deverá ser recomposta com concreto convencional, moldado in loco ou aditivado, caso não seja necessário a utilização de fôrmas. Se existir a necessidade de fôrmas, é preferível utilizar o concreto projetado, aditivado e desempenado;
- h) A resistência característica do novo concreto não poderá ser 20% superior à do concreto existente.

Figura 21 - Etapas para realização de processo de reparo estrutural da corrosão.



Fonte: MEDEIROS (2008).

2.3.4 Medidas preventivas para evitar as patologias

2.3.4.1 Fase de projeto

Nessa etapa serão elaboradas todas as definições, ela é a base para as fases subsequentes. Consequentemente, se esse passo for mal realizado pode comprometer a qualidade de todo o restante.

É primordial que todos os projetos estejam bem detalhados, de forma que seja possível a fácil interpretação dos mesmos, não deixando brechas para leituras e interpretações inadequadas. A especificação dos materiais que serão utilizados possibilita avaliar se o desempenho, durabilidade, e custos irão atender o que foi inicialmente idealizado pelo projetista (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Cánovas (1988), quando ha a criação de projetos de estruturas de concreto é preciso levar em consideração alguns fatores nos quais é indispensável estar atento e realizar todos os requisitos necessários para que o sucesso seja obtido:

- a) Levar em consideração as condições de equilíbrio básicas da Estática.
- b) Compatibilizar as deformações das próprias peças estruturais e suas uniões.
- c) O projeto deve estar em uma escala que seja representada de forma compreensível/legível.
- d) Fornecer diretrizes detalhadas, nas quais estejam presentes todas as características e particularidades dos materiais a serem empregados na estrutura, forma de controle e armazenamento, penalizações etc. Esse documento, é fundamental e de grande importância para se obter uma construção sem defeitos e de qualidade.

A compatibilização dos projetos estruturais, de arquitetura, e instalações terão grande influência na qualidade final da obra, sendo de extrema importância que seus detalhes não sejam desconsiderados, para que não gere problemas durante a etapa de execução da obra (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Gnipper; Mikaldo Jr:

Na fase de projeto dos sistemas prediais, os vícios podem ocorrer por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, ausência ou incorreções de especificações de materiais e de serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos, etc. (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007).

As falhas cometidas durante essa fase costumam ser mais graves do que os praticados em outras etapas. Desta forma, é essencial que se invista mais tempo e recursos nesse período (que

abrange cerca de 3% a 10% de todo o orçamento previsto), como forma de prevenir a ocorrência de decisões e ações erradas (HELENE, 1992).

2.3.4.2 Fase de execução

Após o término da concepção do projeto dá-se início à fase da execução da edificação. Nesta etapa, antes de qualquer processo de construção, deve haver o planejamento do canteiro de obras para o bom andamento da mesma, assim como o cronograma de todas as atividades a serem executadas (TRINDADE, 2015).

Os engenheiros responsáveis pela obra devem seguir o projeto minuciosamente e respeitar todas as diretrizes que o mesmo fornece, tais como: escalas, medidas e a localização dos elementos estruturais, evitando que futuramente surjam patologias. Outro fator que deve ser analisado nesta etapa é a qualidade da mão de obra do quadro de funcionários. É comum ocorrerem erros que geram patologias quando se usa mão de obra desqualificada (TRINDADE, 2015).

Os problemas gerados nessa etapa são ocasionados no processo de produção, e na grande maioria referente à mão de obra. A ausência de qualificação dos profissionais, condições de trabalho insalubres, desmotivação, e a falta de uma gestão eficiente, vão ocasionar falhas que podem refletir até no pós-obra (OLIVEIRA, 2013).

Além disso, o não cumprimento das especificações do projeto devido a erros de interpretação, o uso de materiais de baixa qualidade, e falhas no emprego dos mesmos, podem gerar problemas patológicos nessa fase como, por exemplo: problemas de caimento, formação de flechas excessivas, desnivelamento de pisos e paredes, infiltrações, qualidade do concreto, montagem de fôrmas, entre outros (PINA, 2013)

Nesta etapa, ao responsável pela obra deve fazer o controle dos materiais utilizados durante a execução, bem como fiscalizar se eles estão de acordo com o especificado no projeto e se sua utilização está sendo feita de forma correta e gerando o mínimo de perdas e insumos (CREMONINI, 1988).

A ausência de normatização de diversos materiais e procedimentos, acrescida à falta de fiscalização daqueles já normalizados por parte dos profissionais e responsáveis técnicos, mostra-se de grande importância à contribuição para o surgimento de patologias, deve haver então, a conscientização de engenheiros no que tange ao controle de qualidade dos materiais e processos construtivos (SILVEIRA; AZEVEDO; SOUZA; GOUVINHAS, 2002).

2.3.4.3 Fase de manutenção

As patologias são desencadeadas nessa fase devido a responsabilidade do usuário, utilização para fins não projetados ou falta de manutenção da edificação. Algumas ações são bastante frequentes, por exemplo a utilização de produtos químicos, ou reagentes agressivos; modificações estruturais em reformas; carregamentos não calculados durante a fase de projeto; a falta de manutenções periódicas (PINA, 2013).

Após ser concluída a execução da estrutura, cabe ao seu usuário utilizá-la conforme foi projetada, com o intuito de manter as características originais ao longo de toda a sua vida útil. A eficiência relaciona-se tanto com as atividades de uso, como, por exemplo, garantir que a edificação não seja utilizada para fins não projetados, quanto com as atividades de manutenção periódica, já que o desempenho da estrutura tende a diminuir ao longo da sua vida útil (ANDRADE; SILVA, 2005).

Os diversos cuidados que deverão ser tomados durante a fase de uso da edificação devem estar explícitos no manual de uso, operação e manutenção. A formatação de um bom manual de uso segundo o guia orientativo para atendimento à norma, redige conforme modelos internacionais de normatização de desempenho de matérias primas e produtos finais. Para cada necessidade do usuário e condição de exposição, aparecem critérios de desempenho (CBIC, 2013).

3 ESTUDO DE CASO

3.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo será apresentado um estudo de caso realizado através de um levantamento fotográfico sobre as principais patologias encontradas no Clube Ipiranga localizado na cidade de Anápolis – Goiás (Figura 22 e 23).

O Clube Ipiranga está localizado em um bairro residencial, Jundiá e conta com 48 mil m² de área. É um parque recreativo, no qual, se encontra dividido entre uma área destinada à preservação florestal e à visitação ou recreação. Os visitantes dispõem de quadras de vôlei, futebol, piscina e pista para caminhada que atualmente se encontra desativada. O local está abandonado há cerca de dez anos, por esse motivo, a estrutura se encontra em um estado deplorável.

Figura 22 - Localização do Clube Ipiranga.



Fonte: GOOGLE.

Figura 23 - Fachada da estrutura analisada.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

3.2 AVALIAÇÃO E PROPOSTAS DE INTERVENÇÕES PARA MANUTENÇÃO

O critério de escolha da edificação está vinculado ao fato desta ser executada em concreto armado. A partir das inspeções visuais e fotográficas, será realizada a análise das vigas e lajes degradadas devido as patologias existentes e a indicação das prováveis causas, juntamente com a descrição do mecanismo de ocorrência de cada manifestação patológica.

3.2.1 Caso 1 – Corrosão

A escada mostrada na Figura 24 apresenta uma aparente fragmentação do concreto, com desprendimento da camada de cobrimento, além de apresentar armaduras expostas. Segundo Saliba Junior (2008) a corrosão das barras de aço é mais recorrente do que qualquer outro tipo de degradação das estruturas de concreto armado, comprometendo tanto a segurança, quanto a estética da construção. Por ser um fenômeno expansivo, a corrosão provoca fissuras, trincas e até a fragmentação do concreto e sendo sempre oneroso o seu tratamento.

Figura 24 - Exemplo de corrosão das armaduras na escada.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

Conforme Martins (2016) as prováveis causas que ocasionaram a corrosão das armaduras são:

- Concreto de baixa resistência;
- Cobrimento insuficiente;

- Alta taxa de permeabilidade (porosidade) do concreto, contribui para a penetração de agentes agressivos que deteriora a armadura;
- Manutenção precária;
- Intempéries, por exemplo, o contato com água residuais e o excesso de umidade.

Segundo Olivari (2003) as etapas que compreendem os reparos das armaduras são apresentadas a seguir:

- Realizar a escarificação de todo o concreto contaminado, com jato d'água ou areia ou ferramentas manuais;
- Verificar o comprometimento das barras de aço. Analisar se houve perda de mais de 10% da seção da barra. Caso tenha perdido, é necessário realizar o grampeamento das novas barras de aço;
- Realizar a pintura e o acabamento adequado na armadura tratada e a suplementar.

3.2.2 Caso 2 – Mancha

As manchas na superfície do concreto modificam a sua textura e regularidade de coloração, acarretando em prejuízos estéticos e ainda sendo capaz de gerar o desenvolvimento de patologias mais graves, ou intensificar aquelas já existentes. A Figura 25 apresenta manchas escuras nas vigas e lajes.

Figura 25 - Exemplo de manchas em vigas e lajes.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

De acordo Martins (2016) os prováveis motivos para a eclosão dessas patologias são:

- Aglomeração de água e infiltrações estimulando a proliferação de microrganismos, implicando no aparecimento de bolor, sendo intensificado principalmente pela ausência de conservação das estruturas;
- Alta permeabilidade do concreto;
- Fissuras na superfície do concreto contribuindo para a passagem de água.

O tratamento desta patologia conforme Conti (2009) é a erradicação de qualquer tipo de infiltração, caso seja preciso, a impermeabilização. Sequentemente, deve-se aplicar um preparador na superfície e finalizar com tinta de acabamento adequada.

3.2.3 Caso 3 – Fissura

A figura 26 apresenta fissuras encontradas na viga. A fissura é horizontal e está localizada na parte inferior da viga. Segundo Souza e Ripper (2009), as fissuras chamam a atenção dos proprietários, para o fato de que algo anormal pode vir a acontecer.

Figura 26 - Exemplo de fissura em viga.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES.

A viga quando é sujeita a um carregamento além do qual foi projetada, podem apresentar patologias, como a fissura. Conforme Flausino (2017), a fissura horizontal esporadicamente ocorre e na maioria das vezes não possibilita comprometimento da estrutura. Um dos motivos para a ocorrência dessa anomalia é a sobrecarga ou má execução da edificação.

As fissuras podem ser ocasionadas em uma estrutura de concreto armado pelos mais diversos motivos e para que se consiga discernir com exatidão a causa e origem, é fundamental fazer testes para determinar se as fissuras são ativas - fissuras que contém variação de abertura -, ou passivas - aquelas que não possuem variação de abertura. Logo após a correta identificação, deve determinar as metodologias e procedimentos adequados para o seu tratamento (SOUZA & RIPPER, 2009). Existem aparelhos que possibilitam medir a variação dessas aberturas, por exemplo, o fissurômetro, conforme apresentado na figura 27.

Figura 27 - Exemplo de fissurômetro.



Fonte: ECIVILNET.

Segundo Olivari (2003), o tratamento empregado para o reparo de fissuras consiste em:

- Preparar e limpar devidamente as fissuras;
- Injeção de resina epóxi para restaurar a fissura e proteger as barras de aço.

3.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A edificação averiguada, supracitada, apresentou inúmeras patologias nos elementos estruturais como vigas, pilares e lajes. As fissuras e a corrosão foram às anomalias mais recorrentes encontradas no Clube Ipiranga do município de Anápolis-GO. Segundo Lapa, (2008), esses problemas, podem colocar em risco a vida útil da construção, é primordial a análise e o acompanhamento de tais manifestações nas estruturas para a realização de um diagnóstico apropriado.

As construções analisadas apresentaram problemas devido às infiltrações e umidade nas vigas, lajes e pilares. Essas patologias causam desconforto ao proprietário, devido à ausência de estética, instabilidade estrutural, além de demandarem uma maior atenção por causa da probabilidade de propagação de tais adversidades.

Diante do exposto, após a realização da visita, análise e identificação das patologias estruturais, a determinação da intervenção deverá ser adotada em função de fatores técnicos e econômicos, por exemplo, a eficiência do tratamento, mão-de-obra especializada, custos, controle da qualidade dos materiais e de todas as demais atividades envolvidas.

Ao se tratar das propostas de intervenção recomendadas, conforme mencionadas no estudo de caso, pode-se concluir que são apropriadas para restaurar as patologias identificadas na estrutura analisada. No entanto, a realização de manutenções frequentes asseguraria a preservação da estrutura. Assim, a edificação requer uma avaliação constante de profissionais especializados na área, para garantir a funcionalidade, vida útil, durabilidade e estética da estrutura.

4 CONCLUSÃO

Apresentou-se por meio deste trabalho um estudo sobre as anomalias nas estruturas de concreto armado, mediante um levantamento das principais manifestações patológicas que deterioram essas, bem como apontou as origens, causas e os principais tratamentos para que a recuperação dos elementos danificados seja executada de forma eficiente. O estudo de caso foi realizado no Clube Ipiranga no município de Anápolis, com o objetivo de identificar as causas e propor estratégias de tratamento para a restauração dos problemas encontrados.

A contratação de mão de obra desqualificada, falta de acompanhamento de um profissional especializado, utilização de material de baixa qualidade, uso incorreto da estrutura pelo proprietário em conjunto com a falta de manutenção, são os fatores mais recorrentes que causam as patologias estruturais.

Diante do exposto, são inúmeros os problemas que ocorrem nas estruturas e poderiam ser impedidos caso houvesse maiores ponderações na concepção e especificação dos projetos, no uso dos materiais, utilização apropriada da estrutura e na sua manutenção periódica, podendo assim impossibilitar ou mesmo postergar a necessidade de reforçar a armação em concreto ou restaurá-la. Constata-se também que a correta escolha do tratamento a ser empregado em uma recuperação estrutural, é que necessariamente vai assegurar o sucesso do trabalho realizado, pois a medida seleção da terapêutica errada pode acarretar na piora do quadro e assim, gerar ainda mais gastos.

Para trabalhos futuros, faz-se necessário a realização um estudo no que concerne aos custos referentes a tratamentos das principais patologias na estrutura de concreto armado. Além disso, é interessante sugerir que haja a obtenção de dados relacionados ao controle de qualidade na execução das obras, para, dessa forma, analisar as causas mais recorrentes dessas anomalias na etapa construtiva.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto Procedimento**, 2014.
 <<https://guideengenharia.com.br/trincas-de-flexao-de-vigas/>>. Acesso em: 24/08/2019.
- ADÃO, Francisco Xavier & HEMERLY, Adriano Chequetto, **Concreto armado novo milênio – Cálculo prático e econômico**. Interciência, 2010.
- AEC WEB. **Fissuras no concreto podem ser decorrentes do calor**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/fissuras-no-concreto-podem-ser-decorrentes-do-calor_8579_0_1> , Acesso em 15/04/2019.
- ALVES, Sandra Denise Kruger Alves. **Apostila de concreto armado I – CAR1001**. UDESC, 2014. (Apostila). Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/sandra/materiais/APOSTILA__CAR_I__02_2014.pdf>. Acesso em 15/04/2019.
- ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no Estado do Pernambuco**. 1997. 139 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas**. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005.
- ARIVABENE, Antônio César. **Patologias em estrutura de concreto armado estudo de caso**. Monografia (MBA gerenciamento de obras, tecnologia e qualidade da construção) - Instituto de pós-graduação IPOG, 2015.
- AZEVEDO, Mínon Trocoli. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do Concreto Armado – Notas de Aula**. UNESP. Bauru, São Paulo, 2006.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e terapia do concreto armado**. Tradução de M. Celeste Marcondes, Beatriz Cannabrava. São Paulo: PINI, 1988.
- CASCUDO, O. **Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura**. In.: **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. 2ª ed. Brasília, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CLIMACO, J.C.T.S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. Editora Universidade de Brasília: Finatec, Brasília, 2005.

CONSTRUÇÃO MERCADO. **Quais as causas de fissure em concreto?**. Disponível em < <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/107/artigo299394-1.aspx>>. Acesso em 26/04/2019.

CONTI, C. **Acabamentos, pinturas e projetos especiais (dicas e soluções) - manchas causadas por pingos de chuvas**. São Paulo: [s. n.]. 2009.

COSTA, Yan Nunes Rangel. **Análise e diagnóstico de trincas e fissuras em edificações**. Trabalho de conclusão de curso: Brasília, 2016

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre**: Recomendações para projeto, execução e manutenção. Porto Alegre, 1988.

ECIVILNET. Disponível em < <https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-rachadura.html>>. Acesso em 26/04/2019.

em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR21_0969.pdf>. Acesso em: 26/04/2019.

FERREIRA, Leonardo Almeida. **Patologia Estrutural-Corrosão**. Instituto de pós-graduação IPOG, 2017

FIGUEIREDO, Enio J. Pazzini. **Terapia das construções de concreto: Metodologia de avaliação de sistemas epóxi destinados à injeção de fissuras passivas das estruturas de concreto**. Porto Alegre, 1989. Disponível em: < <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/1335>> . Acesso em: 26/04/2019.

FIGUEIREDO, Enio Pazini; MEIRA, Gibson. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto**. (Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción - ALCONPAT Int). Boletim Técnico, 06. 2013.

FLAUSINO, Danilo. **Trincas, fissuras e rachaduras: identificação e causas**. Disponível em <https://www.reformweb.com.br/single-post/2017/02/03/TRINCASFISSURAS-E-RACHADURAS-IDENTIFICA%C3%87%C3%83O-E-CAUSAS>. Acesso em 15/09/2019.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **Trincas em alevnaria**. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=2118>>. Acesso em 23/04/2019.

- GIUGLIANE, Eduardo; Viegas, F.B. **Atualização em sistemas estruturais**. Disponível em<http://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/PG_PRODUCAO_CIVIL_-_Atualizacao_de_Sistemas_Estruturais_-_6a_Edicao.2013/AULA_03_-_PPG_CIVIL_2013.pdf>. Acesso em: 15/04/2019.
- GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicosanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. Curitiba, 2007. Disponível em:<<http://www.toget.com.br/clientes/ajeci/artigos/Artigo-29%20Patologias%20frequentes%20em%20SPHS%20decorrentes%20de%20falhas%20nosprojetos.pdf>> . Acesso em: 15/04/2019.
- GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. Projeto de Graduação (Engenharia Civil), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- HELENE, Paulo R. Do Lago. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.
- ISAIA, G. C. **Durabilidade do concreto ou das estruturas de concreto**. Workshop sobre durabilidade das construções. São José dos Campos, 2001.
- KERKOFF, **Trincas de flexão em vigas de concreto armado**. Disponível em :
- LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Belo Horizonte, 2008.
- LOTTERMAN, A. F. **Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso**. Ijuí/RS. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Departamento de ciências exatas e engenharias. Curso de Graduação em Engenharia Civil. 2014.
- MACHADO, Ari de Paula. **Reforço de estruturas de concreto armado com fibras de carbono**. São Paulo: Pini, 2002.
- MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.
- MARTINS, Juliana Furtado Arrobas. **Investigação de manifestações patológicas em sistemas estruturais de concreto armado: estudo de caso em edificação pública**. Universidade Estadual Paulista – FCT/Unesp. Presidente Prudente – SP, 2016.
- MEDEIROS, F.H.M. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos**. Disponível em< https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1>, Acesso em 16/04/2019.

- MEDEIROS, Marcelo H. F. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos**. Revista digital AECweb, Brasília. Disponível em: <http://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1>. Acesso em: 26/04/2019.
- NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. Santa Catarina, 2011.
- NUNES, N. L.; FIGUEIREDO, A. D. **Retração do concreto de cimento Portland**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- OLIVARI, G. **Patologia em edificações**. São Paulo: Escola de Engenharia / Universidade Anhembi Morumbi, 2003 (monografia).
- OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012.
- PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações: recomendações para a prevenção de penetração de água pelas fachadas**. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. 1988. p.571-78.
- PIANCASTELLI, E. M. . **Patologias do concreto**. AEC Web – O portal da Arquitetura, Engenharia e Construção. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0>. Acesso em: 23/05/2019.
- PINA, Gregório Lobo de. **Patologia nas habitações populares**. Rio de Janeiro, 2013.
- PINTAN. M. N. **Manifestações Patológicas e Estudos da Corrosão Presente em Pontes do Recife**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, 2013.
- QUESADA, G., **Procedimento de Reparo**. Em: Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar editores. São Paulo, 2003.
- RASPADORA REAL. **Polimento de concreto**. Disponível em: <<https://raspadorareal.com.br/polimento-de-concreto>>. Acesso em 27/05/2019.
- RESENDE, M. M. **Apostila patologia dos revestimentos de argamassa**. São Paulo, maio de 2001.
- RIPPER, T; SOUZA, V, C, M. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 2009. 257 p.
- RIZZO, Donária. **Laudos e Perícias – Fissuras**. Disponível em: <<http://r3eng.com.br/r3/?page-id=945>>. Acesso em 15/04/2019.

- ROCHA, C. C., **Injeção de epóxi**. Revista Recuperar nº69 pp 5-10, Janeiro 2008.
- SALIBA JUNIOR, C. C. **Técnicas de recuperação de estruturas de concreto armado sob efeito da corrosão das armaduras**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG, 2008.
- SANTOS FILHO, L. M. **Apostila patologia das construções**. Curitiba, outubro de 2008.
- SBARDELINI, A.; NETO, A. P.; CISOTTO, D. **Inspeção, manutenção e recuperação de marquises e sacadas**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Pós-graduação em Patologia nas Obras Civis) – Faculdade de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba.
- SILVEIRA, Débora R. D. Da; AZEVEDO, Eline S. De; SOUZA, Deyse M. O. De; GOUVINHAS, Reidson P. **Qualidade na construção civil: Um estudo de caso em**
- SILVIA, Luiza Kilvia da -**Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de Concreto armado no estado do Ceará**. Fortaleza. 2011.
- SOARES, F.P.A; VASCONCELOS, T.L.; NASCIMENTO.C.B.F. **Corrosão em armaduras de concreto**. Maceió, 2015.
- SOUZA, E. S. **Técnicas de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. Monografia (Graduação). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2006.
- SOUZA, V. C. M. ; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2009 255p.
- TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. Paraná. 2010.
- TÉCHNE. **Conheça as principais causas de patologias de concreto provocadas por elementos químicos presentes no ar e na água**. Disponível em < <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/doencas-concretas-conheca-as-principais-causas-de-patologias-de-287763-1.aspx>>.
- Acesso em 26/04/2019.
- TECNOSILBR. **Retração do concreto: o que é e como minimizá-la?**. Disponível em:<<http://www.tecnosilbr.com.br/conteudo/?p=70>>. Acesso em: 26/04/2019.
- THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989
- TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia Em Estruturas De Concreto Armado**. 2015. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro De Tecnologia, Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria, 2015.

UMCOMO, **Como limpar com ácido muriático.** Disponível em :<<https://casa.umcomo.com.br/artigo/como-limpar-com-acido-muriatico-12131.html>>. Acesso em: 30/08/2019.

VALLE, J. B. S. **Patologia das alvenaria: causa, diagnóstico e previsibilidade.** Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008.

VIEGA, SARA. **Como limpar com ácido muriático.** Disponível em < <https://casa.umcomo.com.br/artigo/como-limpar-com-acido-muriatico-12131.html?amp=1>>. Acesso em 27/05/2019.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife, 2003.

ZUCHETTI, Pedro Augusto Bastiani. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no Vale do Taquari/RS.** 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, nov. 2015.