

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Pietro Montiel Cardozo

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE  
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM SANTA MARIA-RS**

Santa Maria, RS  
2023

Pietro Montiel Cardozo

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO  
DE CASO EM SANTA MARIA - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Alberto Oss Vaghetti

Santa Maria, RS  
2023

Pietro Montiel Cardozo

**MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO  
DE CASO EM SANTA MARIA - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Civil**.

Aprovado em Novembro de 2023:

---

**Marcos Alberto Oss Vaghetti, Dr. (UFSM)**  
**(Presidente/Orientador)**

---

**Rogério Cattelan Antochaves de Lima, Dr. (UFSM)**

---

**Joseanne Maria Rosarola Dotto, Dra. (UFSM)**

Santa Maria, RS  
2023

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente e especialmente, agradeço aos meus pais, Juliana da Silva Montiel e Leandro dos Santos Cardozo, por todo apoio, confiança e amor depositados em mim ao longo de toda minha trajetória, e principalmente, por não soltarem a minha mão em momento algum, sobretudo nos mais difíceis.

À minha irmã, Vitória, pelo apoio e compreensão, a qual sei que estará sempre ao meu lado, assim como estarei ao dela.

À minha avó materna, Izabel que quando estava presente foi importantíssima e mesmo lá do céu sempre me deu forças para continuar, e meus tios, Márcio e Paulo que sempre estiveram ao meu lado apoiando e auxiliando, e certamente tornaram essa caminhada muito mais fácil.

À minha avó paterna, Maria, por todo zelo e cuidado, mesmo que de longe.

Aos meus amigos e amigas por crescerem comigo, dividindo felicidades e angústias ao longo de toda a caminhada.

Também gostaria de agradecer ao Professor Vaghetti, pelos ensinamentos passados a mim, por todo apoio e auxílio durante a realização deste trabalho, pelos conselhos e ideias que me auxiliaram a chegar aqui.

O meu sincero agradecimento a todos.

## RESUMO

### PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM SANTA MARIA – RS

AUTOR: Pietro Montiel Cardozo  
ORIENTADOR: Marcos Alberto Oss Vaghetti

O Concreto Armado é um sistema construtivo amplo e muito utilizado, portanto, para a área da construção civil é de suma importância conhecer o seu comportamento em todas as situações possíveis. As patologias em estruturas de concreto armado é um tema muito abrangente e o conhecimento de suas possíveis causas e consequências é uma necessidade e motivação para os profissionais e pesquisadores da área para a busca de soluções. A questão principal é saber diferenciar se as patologias podem afetar a estrutura em parte ou se as patologias irão gerar um abalo estrutural grave. Também é de suma importância a indicação de métodos corretos e úteis para a recuperação de tal manifestação patológica, para isso a análise deverá contar com um profissional especializado. O presente trabalho se baseou em uma revisão bibliográfica de uma pequena gama de autores para entender o comportamento do concreto armado e, principalmente, para entender como surgem as patologias bem como se faz a sua recuperação. Após uma revisão teórica, o conhecimento pôde ser melhor entendido por meio de um estudo de caso, aonde foi visto várias patologias na estrutura de concreto armado, entre elas pode-se citar as armaduras que se encontram expostas nas lajes, vigas e pilares, falhas de concretagem, quebras de cobertura, dentes detoriados. No estudo de casos foi adotado alguns métodos de recuperação, entre eles pode-se citar injeções, cortes, reparos com argamassas, aplicação de revestimentos, etc.

**Palavras-chave:** Concreto armado. Patologias.

## ABSTRACT

### MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM SANTA MARIA – RS

AUTHOR: Pietro Montiel Cardozo

ADVISOR: Marcos Alberto Oss  
Vaghetti

Reinforced Concrete is a broad and widely used construction system, therefore, for the area of civil construction it is of paramount importance to know its behavior in all possible situations. Pathologies in reinforced concrete structures is a very broad topic and the knowledge of its possible causes and consequences is a necessity and motivation for professionals and researchers in the area to search for solutions. The main question is to know how to differentiate whether the pathologies can affect the structure in part or whether the pathologies will generate a serious structural shock. It is also of paramount importance to indicate correct and useful methods for the recovery of such pathological manifestation, for which the analysis must be carried out by a specialized professional. The present work was based on a literature review to understand the behavior of reinforced concrete and, mainly, to understand how pathologies arise as well as what are their main recoveries. After a theoretical review, the knowledge could be better understood through a case study, where several pathologies were seen in the reinforced concrete structure, among them we can mention the reinforcement that is exposed in the slabs, beams and columns, concreting failures, cover breaks, detored teeth. In the case study, some recovery methods were adopted, including injections, cuts, repairs with mortars, application of coatings, etc.

**Keywords:** Reinforced concrete. Pathologies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - .....	20
Figura 02 - .....	25
Figura 03 - .....	26
Figura 04 - .....	27
Figura 05 - .....	27
Figura 06 - .....	28
Figura 07 - .....	30
Figura 08 - .....	31
Figura 09 - .....	32
Figura 10 - .....	33
Figura 11 - .....	35
Figura 12 - .....	36
Figura 13 - .....	37
Figura 14 - .....	38
Figura 15 - .....	39
Figura 16 - .....	41
Figura 17 - .....	42
Figura 18- .....	43
Figura 19 - .....	44
Figura 20 - .....	45
Figura 21 - .....	46
Figura 22 - .....	47
Figura 23 - .....	47
Figura 24 - .....	48

Figura 25 - .....	48
Figura 26 - .....	48
Figura 27 - .....	48
Figura 28 - .....	49
Figura 29 - .....	49
Figura 30 - .....	50
Figura 31 - .....	50
Figura 32 - .....	50
Figura 33 - .....	51
Figura 34 - .....	51
Figura 35 - .....	52
Figura 36 - .....	52
Figura 37 - .....	52
Figura 38 - .....	52
Figura 39 - .....	53
Figura 40 - .....	53
Figura 41 - .....	53
Figura 42 - .....	53



## SUMÁRIO

<b>1.0 INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA .....	12
1.2 OBJETIVOS.....	12
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	12
<b>1.2.2 Objetivos específicos</b> .....	12
1.2.3 Metodologia .....	12
<b>2.0 CONCRETO ARMADO</b> .....	13
2.1 COMPOSIÇÃO DO CONCRETO ARMADO .....	13
2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO ARMADO .....	14
<b>2.2.1 Vantagens do concreto armado</b> .....	14
<b>2.2.2 Desvantagens do concreto armado</b> .....	15
<b>3.0 PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO</b> .....	15
3.1 DEFINIÇÃO DE PATOLOGIA E OUTROS TERMOS QUE ESTÃO PRESENTES NAS CONSTRUÇÕES.....	15
<b>3.1.1 Patologia</b> .....	15
<b>3.1.2 Vida útil das estruturas de concreto armado</b> .....	16
<b>3.1.3 Durabilidade das estruturas de concreto armado</b> .....	17
<b>3.1.4 Desempenho de uma edificação de concreto armado</b> .....	18
3.2 CAUSAS DAS PATOLOGIAS .....	19
<b>3.2.1 Falhas de projetos</b> .....	20
<b>3.2.2 Materiais inadequados</b> .....	21
<b>3.2.3 Erros na execução</b> .....	22
<b>3.2.4 Manutenção ausente e/ou utilização indevida</b> .....	23
3.3 PATOLOGIAS PRESENTES NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO....	24
<b>3.3.1 Fissuras</b> .....	24
<b>3.3.1.1 Fissuras devido à retração hidráulica:</b> .....	25
<b>3.3.1.2 Fissuras devido a variação da temperatura</b> .....	26
<b>3.3.1.3 Fissuras devido a flexão</b> .....	26
<b>3.3.1.4 Fissuras devido ao cisalhamento</b> .....	27
<b>3.3.1.5 Fissuras devido à compressão</b> .....	27
<b>3.3.2 Deformações</b> .....	28
<b>3.3.3 Corrosão nas armaduras</b> .....	29
<b>3.3.4 Desagregação do concreto e Eflorescência</b> .....	31
<b>4.0 DIAGNÓSTICOS DAS PATOLOGIAS PRESENTES NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO</b> .....	32
4.2 INSPEÇÕES REALIZADAS – PRELIMINAR E DETALHADA.....	34
4.3 ENSAIOS NO CONCRETO .....	35
<b>4.3.1 Determinação da resistência à compressão do concreto</b> .....	35

<b>4.3.2 Determinação da resistência à tração do concreto</b> .....	37
<b>4.3.3 Determinação da profundidade da carbonatação</b> .....	37
<b>4.3.4 Determinação do cobrimento da armadura</b> .....	38
<b>4.3.5 Potencial de corrosão</b> .....	39
<b>4.3.6 Taxa de corrosão</b> .....	39
<b>5.0 RECUPERAÇÕES E/OU REFORÇOS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO A PATOLOGIAS</b> .....	40
<b>5.1 RECUPERAÇÃO SUPERFICIAL DO CONCRETO</b> .....	40
<b>5.2 RECUPERAÇÃO PROFUNDA DO CONCRETO</b> .....	42
<b>5.3 TRATAMENTO DAS ARMADURAS</b> .....	43
<b>5.4 EMENDAS DAS ARMADURAS</b> .....	44
<b>5.5 MÉTODOS DE REFORÇOS EM PILARES</b> .....	45
<b>5.6 TRATAMENTO DAS FISSURAS</b> .....	46
<b>6.0 ESTUDO DE CASO</b> .....	47
<b>6.1 Patologias tipo “a” – armaduras expostas em lajes e escadas</b> .....	47
<b>6.2 Patologias tipo “b” – armaduras expostas nas vigas</b> .....	49
<b>6.3 Patologias tipo “c” – armaduras expostas nos pilares</b> .....	50
<b>6.4 Patologias tipo “d” – dentes gerber deteriorados</b> .....	51
<b>6.4 Patologias tipo “e” – falhas de concretagem e quebras de cobrimento</b> .....	53
<b>7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	54
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	55

## 1.0 INTRODUÇÃO

Mehta e Monteiro (1994) citam que o concreto é o segundo material mais utilizado no mundo, ficando atrás apenas da água.

Sabe-se que o concreto é fundamental e indispensável na grande maioria das construções, visto que, é um material com alta durabilidade e resistência.

A definição de concreto armado é a junção do concreto convencional com o aço. O concreto convencional é formado por cimento, água e agregados miúdos ou graúdos.

O concreto convencional é um material que resiste a água, é também, um material de consistência plásticas, ou seja, possui grande flexibilidade quando o mesmo se encontra fresco, além disso, seus componentes são facilmente encontrados no ambiente. O concreto apresenta uma boa resistência a compressão, quando o mesmo estiver armado, o aço apresentará uma boa ductibilidade e resistência à tração. A união bem feita do concreto convencional e do aço, acarreterá em uma estrutura sólida e segura. (COÊLHO, 2008)

Assim como qualquer outro material, o concreto armado poderá ficar “doente” e essa doença é denominada como Patologia (SOUZA e RIPPER, 1998).

As patologias podem ocorrer por diversos fatores, falhas humanas, projetos mal elaborados, materiais inadequados, etc. Porém, também existem patologias caracterizadas pelo processo “natural” da estrutura de concreto armado. Como a estrutura, de forma comprovada, se movimenta e “trabalha”, a mesma fica exposta a várias patologias (SOUZA e RIPPER, 1998).

O presente trabalho visa estudar e entender as causas das patologias nas estruturas de concreto armado tanto as que se originaram por meio dos mais diversos tipos de falhas quanto as causas patológicas de origem natural.

## 1.1 IMPORTÂNCIA E JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

Sabe-se da importância e o impacto que certas patologias podem vir a causar, tanto na parte estrutural quanto na parte estética de uma edificação ou qualquer outro tipo de construção.

A importância de conduzir esse trabalho está relacionada ao levantamento de patologias da edificação situada em Santa Maria – RS, bem como analisar as anomalias encontradas. A partir desse levantamento, será possível realizar uma pesquisa para identificação das causas de tal problema, oferecendo uma base para a elaboração de soluções e recuperações adequadas.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem por objetivo abordar os diferentes tipos de patologias nas estruturas de Concreto Armado, como também por meio de um estudo de caso, compreender as possíveis causas dessas patologias e suas devidas recuperações.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Efetuar uma revisão bibliográfica sobre o assunto de patologias nas estruturas de Concreto Armado;
- Analisar quais são as causas das manifestação patológicas na edificação do estudo de caso;
- Apontar quais serão as soluções viáveis para tal manifestação patológica verificadas no estudo de caso.

### 1.2.3 Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido através de estudos bibliográficos, o mesmo usou como fonte de pesquisas livros e artigos relacionados a ocorrência de patologias no concreto armado, os métodos de ensaios, soluções para tal

anomalias. Na parte prática, o levantamento de dados foi feito através de visitas na obra (estudo de caso), através de fotografias, exames, boletins técnicos.

## **2.0 CONCRETO ARMADO**

### **2.1 COMPOSIÇÃO DO CONCRETO ARMADO**

O concreto armado é composto por dois materiais principais: concreto e armaduras de aço. A combinação desses dois materiais resulta em um material compósito que combina as vantagens de ambos para criar uma estrutura resistente e durável. O concreto armado junta às características de resistência à compressão do concreto simples, junto com a durabilidade dos agregados e com a resistência mecânica do aço (BASTOS, 2006).

O concreto é uma mistura de cimento Portland, agregados (como areia, cascalho ou brita) e água.

Coelho (2008) cita que o cimento é um composto químico seco, com propriedades aglomerantes, aglutinantes e sólidas, e quando entra em contato com a água, gera um composto sólido.

Segundo Mehta e Monteiro (1994), o clínquer é o principal componente do cimento, o mesmo tem como matérias primas básicas o calcário e a argila. A principal propriedade do clínquer é ser um ligante hidráulico, ou seja, endurece em contato com a água.

Segundo a NBR 9935 o agregado é um material granular pétreo, ou seja, o seu tamanho pode variar, então o mesmo não possui forma ou volumes definidos, na maioria das vezes é quimicamente inerte e é obtido através da fragmentação natural ou artificial.

Lima (2017) diz que o aço é uma liga metálica composta de ferro, em conjunto com pequenas porções de carbono, o mesmo possui propriedades e qualidades muito apreciadas e úteis na construção civil, entre as principais, tem-se a resistência e a durabilidade.

Rossatto (2015) diz que as propriedades mecânicas do aço definem a capacidade de recebimento e distribuição de esforços sem que o mesmo sofra deformações não planejadas ou rompimentos. Pode-se citar algumas

propriedades mecânicas importantes, tais: Ductilidade, fragilidade, Resiliência e corrosão.

Além desses componentes principais, também podem ser utilizados alguns aditivos. Segundo França (2004) os aditivos são produtos que quando acrescentados no concreto, tem por objetivo potencializar suas peculiaridades. Tem-se que tomar cuidados para que a sua utilização seja feita de maneira correta para que o mesmo possa ajudar em algumas propriedades do concreto, como: a resistência mecânica, durabilidade, a segregação, o processo de liga, entre outras.

A combinação de todos esses componentes, de maneira correta, formará um concreto com maior número de aplicações, além de uma maior eficiência.

## 2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DO CONCRETO ARMADO

Assim como todo o material ou procedimento empregado, o uso de concreto armado também trás suas vantagens e desvantagens, após pesquisas feitas, pode-se citar alguns fatores de suma importância.

### 2.2.1 Vantagens do concreto armado

- **Resistência:** O concreto armado combina as propriedades de resistência à compressão do concreto com a resistência à tração do aço. Isso resulta em estruturas que suportam cargas pesadas e resistem a forças externas (BASTOS, 2006);
- **Adaptação a Diferentes Aplicações:** O concreto armado pode ser moldado em uma variedade de formas e tamanhos e isso o torna muito versátil para projetos arquitetônicos (BASTOS, 2006);
- **Custos:** O concreto armado é considerado uma boa opção econômica em comparação a outros materiais de construção, no Brasil, os seus componentes são facilmente encontrados (BASTOS, 2006);
- **Longa Vida Útil:** Quando forem corretamente projetadas, construídas e mantidas, as estruturas de concreto armado tem uma

vida útil longa (BASTOS, 2006);

- **Boa resistência aos esforços dinâmicos (vibrações e choques):** E isso diminui a fadiga na estrutura (BASTOS, 2006).

### 2.2.2 Desvantagens do concreto armado

- **Peso:** O concreto é um material denso e pesado e pode limitar sua utilização em certas aplicações onde o peso é um problema, essa questão pode ocorrer em estruturas com grandes vãos (ALMEIDA, 2002);
- **Fragilidade em Tração:** Apesar do aço ter uma boa resistência à tração, o concreto em si é frágil em comparação com sua resistência à compressão. Logo, poderá surgir fissuras e trincas quando a estrutura for submetida a cargas de tração excessivas (PORTO; FERNANDES, 2018);
- **Necessidade de fôrmas e escoramentos:** Essa questão é indispensável e isso eleva o custo da construção (ALMEIDA, 2002);
- **Tempo de Cura:** O concreto requer um tempo considerável para curar e atingir sua resistência total (PORTO; FERNANDES, 2018).

## 3.0 PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

### 3.1 DEFINIÇÃO DE PATOLOGIA E OUTROS TERMOS QUE ESTÃO PRESENTES NAS CONSTRUÇÕES

#### 3.1.1 Patologia

Bezerra (1998) faz uma citação onde diz que a patologia é uma parte da Engenharia Civil que faz o estudo dos sintomas, causas e origens dos defeitos e problemas encontrados nas construções.

Segundo Lichtenstein (1985), as manifestações patológicas sempre estiveram presentes na construção civil, o mesmo definiu uma classificação para diferencia-lás, patologias simples ou complexas. As patologias simples são identificadas no início e solucionadas com certa facilidade. Já as

patologias complexas são de extrema dificuldade, sua solução exige um grande estudo e a estrutura da edificação pode ser colocada em risco.

Souza e Ripper (1998), cita que o surgimento das patologias se origina de diversos fatores, pode-se citar: o envelhecimento natural da edificação, falhas de projeto, utilização de materiais inadequados, falta de manutenção e/ou mau uso da edificação.

Portanto, podemos resumir o termo “Patologia na Construção Civil” como uma área de estudo que busca identificar, compreender e analisar as origens, causas e consequências dos defeitos encontrados em edificações e estruturas após a sua construção. Isso inclui examinar os materiais utilizados, as técnicas de construção empregadas, as condições ambientais e quaisquer fatores externos que possam contribuir para problemas (HELENE, 2001).

Após fazer o levantamento dos problemas existentes, identificar as suas causas, o objetivo principal da análise de patologias na Construção Civil é propor as soluções que podem prevenir a ocorrência dos mesmo problemas no futuro ou para corrigir problemas já existentes. Essa etapa é fundamental para garantir a segurança e a durabilidade das construções ao longo do tempo. Degussa (2008) cita também o termo “terapia” como um meio de encontrar soluções para os problemas patológicos, estando inclusos, os problemas que ocorrem por causas naturais.

### **3.1.2 Vida útil das estruturas de concreto armado**

Segundo a NBR 6118, que é a norma brasileira que trata do projeto de estruturas de concreto, a definição de vida útil está relacionada ao período de tempo em que uma estrutura é capaz de satisfazer suas funções e requisitos de desempenho, mantendo as características de segurança, estabilidade, durabilidade e funcionalidade para as quais foi projetada.

A NBR 6118 também cita a importância das manutenções e inspeções periódicas para garantir que a estrutura siga atendendo aos requisitos de segurança e desempenho ao longo do tempo. Tem-se também o reconhecimento da mesma sobre questões que podem afetar a vida útil da estrutura, como as cargas aplicadas, condições climáticas, entre outros fatores. Logo, a consideração desses aspectos é fundamental e indispensável durante o



projeto e a execução.

Em resumo, na NBR 6118 , a vida útil de uma estrutura de concreto armado é a duração ao longo da qual a estrutura é capaz de manter suas características de segurança, estabilidade, durabilidade e funcionalidade, cumprindo os requisitos estabelecidos no projeto, considerando os fatores que podem influenciar seu desempenho ao longo do tempo.

Brandão & Pinheiro (1999) diz que a vida útil de uma construção, vai depender tanto do comportamento dos elementos estruturais quanto dos componentes que estiverem incorporados ou ligados a estrutura, os mesmos podem não ter função estrutural, por exemplo: Projetos, qualidade dos materiais utilizados, mão de obra, etc.

### **3.1.3 Durabilidade das estruturas de concreto armado**

A NBR 6118 (2014) conceitua durabilidade de uma estrutura de concreto armado como a capacidade que um sistema estrutural tem de resistir aos efeitos prejudiciais de diversos fatores, entre eles: do ambiente, de ações físicas, químicas ou biológicas, e também, ao desgaste natural que ocorrerá ao longo do tempo, mantendo as suas características pensadas e projetadas, sem perder os seus efeitos de desempenho e segurança ao longo de sua vida útil.

Para garantir a durabilidade adequada, a mesma norma estabelece diretrizes para a seleção de materiais apropriados, detalhamento das estruturas, cobrimento adequado do concreto em relação às armaduras, tratamentos preventivos e manutenção.

A mesma norma considera vários fatores que podem influenciar na durabilidade de uma estrutura, incluindo a exposição ao ambiente (agressividade do meio, umidade, agentes químicos e gases), a qualidade dos materiais utilizados, as condições de execução da estrutura e a manutenção ao longo do tempo. Portanto, o conceito de durabilidade visa assegurar que a estrutura mantenha sua integridade, estabilidade e funcionalidade ao longo de sua vida útil prevista, sem comprometer a segurança das pessoas que a utilizam e a sua própria funcionalidade.

Segundo Neville (2001), o conceito de durabilidade está correto quando

certa estrutura de Concreto obtiver um desempenho contínuo satisfatório para as finalidades que a mesma foi projetada, ou seja, a estrutura manterá a sua resistência e as condições normais de serviço durante a sua vida útil que foi projetada.

Isaia (2001) afirma que a definição de durabilidade implica no conhecimento dos processos de deterioração que uma certa estrutura de concreto estará exposta nas condições ambientais reais da estrutura, durante o seu tempo de vida útil.

A durabilidade da estrutura de concreto é determinada por quatro fatores, identificados como regra dos 4C (HELENE, 2001):

- Composição ou traço do concreto;
- Compactação ou adensamento efetivo do concreto na estrutura;
- Cura efetiva do concreto na estrutura;
- Cobrimento ou espessura do concreto de cobrimento das armaduras.

Pode-se citar exemplos que prejudicam a durabilidade de uma estrutura de concreto, como em um adensamento mal executado o mesmo poderá ter por consequência um alto índice de vazios, com isso, o concreto se torna poroso. Quando o processo de cura não é respeitado, isso poderá acarretar em um baixo grau de hidratação do cimento, tendo por consequência uma alta permeabilidade do concreto e baixa durabilidade das peças.

#### **3.1.4 Desempenho de uma edificação de concreto armado**

Souza e Ripper (1998) definem desempenho como a maneira que um prédio ou uma estrutura funciona e atende às necessidades e as expectativas dos usuários ao longo do tempo. Envolve a avaliação de várias características e aspectos que contribuem para a qualidade, eficiência, segurança, conforto e sustentabilidade do edifício, as mesmas deverão ser desenvolvidas durante as etapas de projeto, construção e manutenção. O desempenho de uma edificação é medido com base em critérios específicos que podem variar dependendo do tipo de edifício, sua finalidade e as metas estabelecidas.

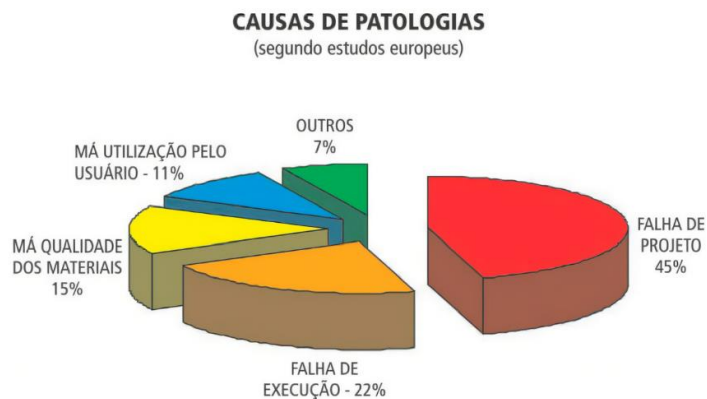
### 3.2 CAUSAS DAS PATOLOGIAS

Segundo Souza e Ripper (1998) a etapa da execução da estrutura, é “culpada” por uma grande parte do aparecimento de patologias. E isso pode ser baseado no baixo nível técnico da mão de obra, além de, um ineficiente controle dos profissionais responsáveis.

As patologias na construção civil podem ter várias causas e origens, muitas vezes em conjunto. Elas podem ocorrer em diferentes fases da vida útil da estrutura, desde o planejamento até a construção. Pode-se citar algumas das principais causas e origens das patologias na construção civil:

- **Projeto deficiente:** Especificações inadequadas, detalhamento insuficiente, erros de dimensionamentos, sobrecargas não previstas, etc (SOUZA e RIPPER, 1998);
- **Qualidade dos materiais:** A utilização de materiais de baixa qualidade ou não conformes com as especificações pode resultar em patologias (AZEVEDO, 2011);
- **Execução inadequada:** Mão de obra não qualificada, falta de supervisão e más práticas de construção podem levar a erros, defeitos e retrabalho, conseqüentemente, comprometendo a qualidade. (SOUZA e RIPPER, 1998);
- **Falta de manutenção:** Falhas no controle de qualidade e na realização de inspeções regulares e de manutenções podem resultar em problemas não identificados durante a construção, que com o passar do tempo se manifestam como patologias (COUTO e COUTO 2007).

Figura 01 – Gráfico que relaciona as principais causas de patologias



Fonte: COUTO e COUTO (2007).

### 3.2.1 Falhas de projetos

Sabe-se que durante a fase de concepção da estrutura, podem ocorrer várias falhas, as mesmas poderão ocorrer ao longo do estudo preliminar ou até mesmo, durante a elaboração do anteprojeto ou do projeto executivo. Essas falhas são normalmente humanas e podem ocorrer tanto no canteiro de obras quanto na utilização de softwares.

As ditas falhas acabam resultando no aumento dos custos das obras, podem vir a prejudicar o andamento da mesma, e principalmente, podem acarretar em problemas patológicos de natureza grave na própria estrutura.

Couto e Couto (2007) faz citação a alguns exemplos de problemas que são gerados na etapa de elaboração do projeto e que podem vir a gerar problemas:

- Má definição das ações atuantes ou combinação mais desfavorável para a estrutura;
- Deficiência na avaliação de resistências do solo, podendo levar, por exemplo, a recalques inesperados ao longo da construção e nos primeiros anos de vida da edificação;

- Adoção de peças com espessura de cobrimento e relação água/cimento incompatíveis com tempo e as condições de exposição da estrutura;
- Especificação inadequada de materiais;
- Dimensionamento que leva a grandes deformações na estrutura, levando ao surgimento de fissuras (peças esbeltas e utilização de grandes vãos);
- Utilização de juntas estruturais sujeitas à infiltração de água, próximas aos elementos estruturais;
- Falta de compatibilização entre os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, entre outros);

### **3.2.2 Materiais inadequados**

A fase de projeto tem suma importância nessa questão, pois, após definir as especificações dos materiais, é importante o controle de qualidade, deve-se sempre buscar as especificações citadas e que a caracterização dos materiais que são componentes de tal traço de concreto, estejam em conformidade com a recomendação imposta pela NBR 12654.

É importante monitorar e verificar algumas características do cimento, por exemplo, sua finura, o processo de pega (início e fim), sua capacidade de resistir a compressão, capacidade de expansão, calor de hidratação, etc.

Os agregados também deverão ser monitorados, é importante que seja feita uma análise do material para verificar se o mesmo possui a presença de algum reativo contaminado. Caso isso venha a ocorrer, o mesmo poderá ser bastante prejudicial ao concreto. Também é importante atentar para as características físicas dos agregados, como a sua distribuição granulométrica e seu formato dos grãos, pois diferenças nessas propriedades podem levar a uma maior variabilidade nas propriedades do concreto fresco e endurecido (ANDRADE e SILVA, 2005).

No contexto do concreto armado, é extremamente necessário exercer um controle rigoroso sobre a sua armadura. Isso envolve conhecer e garantir todas as características do aço e o seu comportamento, garantindo também a sua resistência máxima, o alongamento necessário, etc.

### 3.2.3 Erros na execução

De acordo com a NBR 14931 (2004), as execuções de estruturas de concreto são atividades compreendidas desde a etapa preliminar de risco até o recebimento da estrutura, incluindo, o desenvolvimento e execução dos projetos dos sistemas de fôrmas e de escoramentos, o preparo e a montagem das armaduras, a concretagem (preparo, transporte, lançamento, adensamento, acabamento e cura do concreto), a retirada de fôrmas e dos escoramentos, e, quando for o caso, as operações de protensão.

Souza e Ripper (1998), afirmam que a ocorrência de problemas patológicos cuja origem está na etapa de execução ocorre por refletir os problemas socioeconômicos, que provocam a baixa qualidade técnica dos trabalhadores.

Couto e Couto (2007) diz que a falta de uma fiscalização eficiente e um fraco comando de equipes, podem levar a falhas graves em determinadas atividades como, escoramentos, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, entre outras.

De acordo com a NBR 12655, tem-se uma sequência de execução do concreto:

- 1º Caracterização dos materiais componentes do concreto;
- 2º Estudo de dosagem do concreto;
- 3º Ajuste e comprovação do traço do concreto;
- 4º Elaboração do concreto.

No que diz em respeito a aplicação do concreto em si, segundo Neville (2001), as principais etapas envolvidas e os aspectos significativos a serem considerados são:

- **Mistura:** Essa ação pode ser executada em betoneiras ou em concreteiras. É importante prestar atenção na ordem de inserção dos componentes, a duração da mistura, a quantidade de água e eventuais imprecisões nas quantidades dos materiais adicionados.
- **Transporte:** Essa transferência pode ser realizada de maneira simples, usando carrinhos de mão ou através de caminhões. Nesse

deve-se cuidar a segregação do concreto durante o transporte, a possível perda de material e o tempo necessário para abastecer as frentes de trabalho, caso isso não seja cumprido, poderá impactar negativamente na qualidade e produtividade da tarefa.

- **Lançamento:** É importante ser observado a altura em que o concreto é lançado para evitar a segregação dos agregados mais grossos na parte inferior da peça, o que poderia resultar na formação de vazios ou áreas não preenchidas.
- **Adensamento:** Essa é a prática de consolidar o concreto enquanto ele ainda está no estado fresco, com o propósito de eliminar o ar retido durante as fases anteriores, assegurando a máxima compactação.
- **Cura:** Uma cura inadequada pode afetar principalmente as características superficiais da estrutura, resultando em fissuras, maior permeabilidade e carbonatação (ISAIA, 2011).

Em relação a armação dos elementos estruturais, é de suma importância observar o projeto estrutural seguir o que nele está especificado. Vale destacar a importância que do cobrimento na armadura, o mesmo deverá funcionar como proteção contra a entrada de agentes corrosivos. São mínimos detalhes que são cruciais para que não venham a ocorrer problemas futuros.

### 3.2.4 Manutenção ausente e/ou utilização indevida

Para Souza e Ripper (1998), tanto a ausência de manutenção quanto a manutenção inadequada tem a sua origem no desconhecimento técnico, na incompetência humana, no desleixo e também, em problemas econômicos. A falta de dinheiro ou até mesmo o uso inadequado do mesmo, pode ser o principal responsável pelo aparecimento de problemas estruturais, dependendo do nível do problema que a estrutura irá ter, a mesma poderá até ser demolida ou os gastos para a solução serão altíssimos.

A NBR 5674 (1999) apresenta fatores para a gestão da manutenção das edificações, tendo uma abrangência total, desde a sua construção até a demolição. A norma visa assegurar as edificações em condições adequadas de

uso, então, a mesma define diversos métodos e responsabilidades relacionados a todos os tipos de manutenções e as suas respectivas documentações. Isso serve para evitar problemas iniciais e também para garantir a segurança e o conforto dos ocupantes.

Depois de ocorrer a execução da estrutura, dentro dos moldes exigidos pelas normas, cabe ao proprietário utilizar a mesma de maneira correta, ou seja, deverá seguir o que está recomendado no projeto, garantindo que os carregamentos não sejam ultrapassados, garantindo que serão feitas as atividades de manutenção, etc. A eficiência da estrutura está diretamente relacionada a esses fatores.

### 3.3 PATOLOGIAS PRESENTES NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

#### 3.3.1 Fissuras

Fissuras, nada mais é que, aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural, tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos à estrutura.

Para FIGUEIREDO (1989), todas as construções que possuem a sua estrutura executada em concreto, poderão ter o surgimento de fissuras ao decorrer da sua vida útil. As causas para a ocorrência das fissuras são muitas, tornando o seu diagnóstico de extrema dificuldade. O termo fissura é utilizado para designar a ruptura ocorrida no concreto sob ações mecânicas ou físico-químicas.

De acordo com Souza e Ripper (1998), a fissura pode ser considerada a patologia que ocorre com maior frequência ou a que pelo menos estará mais visível.

A NBR 6118 (2014) cita critérios para fazer a avaliação de fissuras nas estruturas de concreto armado. Através desses critérios, procura-se garantir a segurança e a durabilidade das estruturas. De acordo com a classe de exposição da estrutura, são definidos valores para as fissuras. Em ambientes mais agressivos, os valores de abertura de fissuras consideradas aceitáveis são menores



Os valores típicos para abertura de fissuras em ambientes agressivos, de acordo com a mesma norma, são:

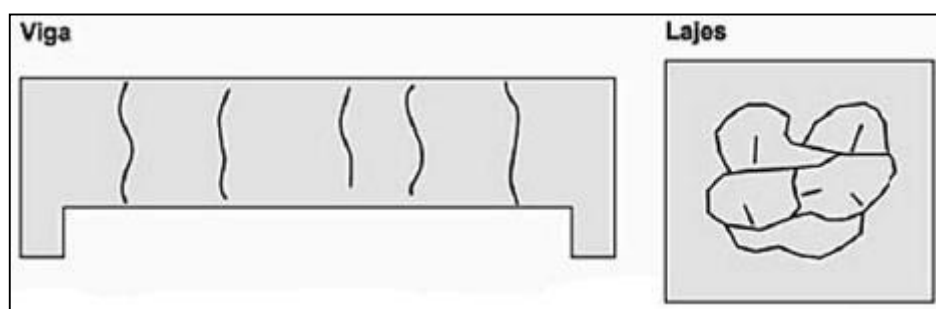
- **Ambiente não agressivo (Classe de exposição XC0):** Abertura máxima de fissura de 0,2 mm.
- **Ambiente moderadamente agressivo (Classe de exposição XC1):** Abertura máxima de fissura de 0,2 mm.
- **Ambiente agressivo (Classe de exposição XC2):** Abertura máxima de fissura de 0,1 mm.
- **Ambiente muito agressivo (Classe de exposição XC3 e XC4):** Abertura máxima de fissura de 0,1 mm.

### 3.3.1.1 Fissuras devido à retração hidráulica:

As fissuras devido a retração hidráulica normalmente ocorrem quando o concreto não está mais no seu estado plástico, isso torna muito difícil o encontro da origem dessas fissuras, normalmente elas se encontram próximas as juntas serradas e isso permite saber que a sua manifestação já ocorria antes mesmo dos cortes das juntas (RODRIGUES, BOTACINI & GASPARETTO, 2006).

Chodounsky e Viecili (2007) relataram que as fissuras por retração hidráulica em pisos industriais se manifestam transversalmente ao sentido da placa, o tamanho de tal fissura varia bastante, quando as placas são ditas de grande dimensão. As fissuras poderão apresentar uma maior abertura e isso está relacionado a grande movimentação da placa durante o período de retração. As fissuras podem surgir logo após o pega do concreto, ou no corte das juntas, ou depois da execução do piso.

Figura 02: Representação fissuras em viga e laje por retração hidráulica



Fonte: MARCELLI (2007).

### 3.3.1.2 Fissuras devido a variação da temperatura

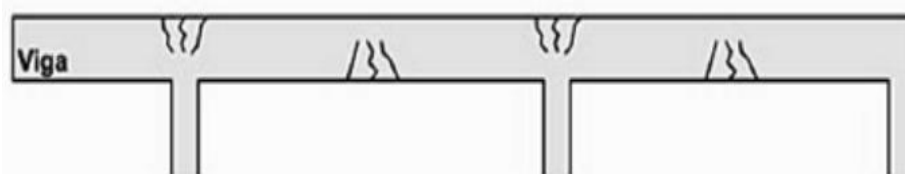
A variação de temperatura provoca uma variação dimensional no elemento de concreto, de modo semelhante à variação de umidade, sendo que a somatória desses dois fenômenos pode resultar em deformações que, se a peça estiver impedida de se movimentar, vão gerar tensões elevadas e conseqüentemente trincas.

Marcelli (2007), observou que as peças esbeltas e longas, como vigas contínuas de vários tramos ou em grandes panos de lajes, são as que mais sofrem com a variação da temperatura, isso porque normalmente existem vínculos que impedem uma livre movimentação das peças de concreto.

### 3.3.1.3 Fissuras devido a flexão

HELENE (1992) cita que esse tipo de fissura pode acontecer quando o Engenheiro responsável pelo projeto, subdimensiona a estrutura, ou seja, quando não é feita uma avaliação correta sobre a sobrecarga atuante. Também, esse tipo de fissura pode ocorrer quando os materiais utilizados não são de qualidades, e também, por mudanças na execução, por exemplo, quando são utilizadas cargas maiores que as previstas em projeto.

Figura 03: Representação de uma fissura devido a flexão

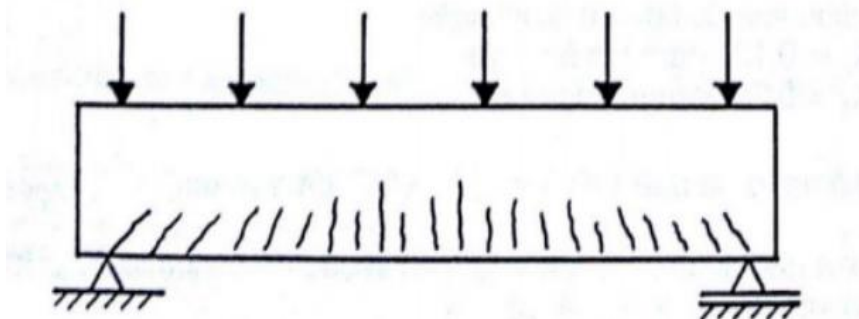


Fonte: MARCELLI (2007).

As fissuras de flexão aparecem no meio do vão e apresentam aberturas maiores em direção à face inferior da viga onde estão as fibras mais tracionadas. Já nos apoios, as fissuras formam um ângulo de 45° com a horizontal devido ao esforço cortante.

Em vigas mais altas, essa inclinação com a horizontal tende a ser de  $60^\circ$ . A figura abaixo ilustra a configuração desse tipo de trinca.

Figura 04: Representação de uma fissuração típica em viga devido a flexão

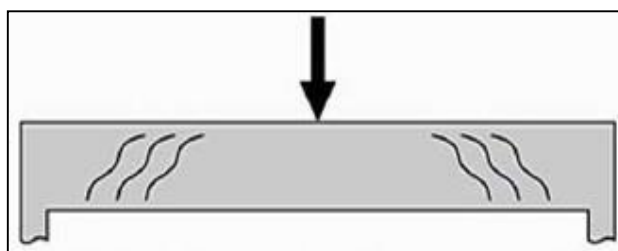


Fonte: THOMAZ (2003).

#### 3.3.1.4 Fissuras devido ao cisalhamento

As fissuras de cisalhamento, provocadas pelo esforço cortante, são inclinadas e surgem inicialmente nas proximidades dos apoios, manifestando-se também na parte média das vigas. São geralmente causadas pela deficiência das armaduras de cisalhamento. As trincas ocorrem normalmente no ponto de cortante máxima.

Figura 05: Representação de uma fissura devido ao cisalhamento



Fonte: MARCELLI (2007).

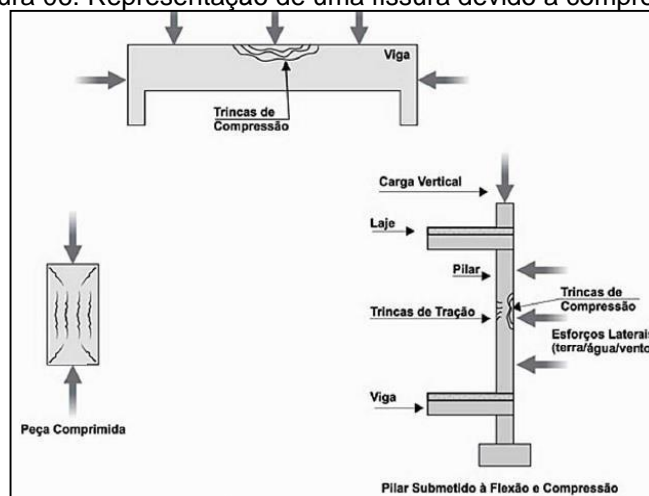
#### 3.3.1.5 Fissuras devido à compressão

As fissuras que são originadas devido a compressão exigem uma maior atenção e uma solução imediata, visto que, em qualquer estrutura de concreto, quem absorve a maior parte das forças de compressão é justamente o concreto. Além desses problemas, uma peça de concreto que for afetada, dependendo do nível da fissura, poderá perder a sua capacidade de carga, isso implicaria na

redistribuição dos esforços, comprometendo a integridade da estrutura, podendo ocorrer até mesmo o colapso da mesma. Portanto, é de suma importância analisar e solucionar rapidamente as fissuras causadas por compressão.

Marcelli (2007) diz que algumas vigas e pilares podem vir a trabalhar num sistema duplo de solicitações, flexão e compressão, isso vai depender da atuação dos esforços. Com isso, pode acontecer um acúmulo de tensões na região, surgindo trincas características.

Figura 06: Representação de uma fissura devido a compressão



Fonte: MARCELLI (2007).

### 3.3.2 Deformações

As deformações que ocorrem no concreto podem ser descritas como as mudanças que ocorrem nas características (formas e/ou dimensões). O entendimento dessas deformações é de suma importância, tanto na fase de projeto quanto na fase de execução da estrutura, isso poderá garantir uma maior durabilidade e segurança para a mesma. A prevenção contra essas deformações envolve técnicas de controle e considerações nos projetos.

Segundo Neville e Brooks (2010), pode-se dizer que as deformações que exigem uma maior atenção e importância são as decorrentes de carregamentos, mudança devido a retração e a temperatura.

Pode-se citar algumas categorias gerais de deformações do concreto:

- **Deformação Plásticas:** Pode vir a ocorrer em situações com grandes carregamentos, a carga aplicada poderá exceder um certo

limite e por consequência, o concreto poderá sofrer deformações permanentes (Neville e Brooks, 2010);

- **Deformação Elástica:** Essa deformação é temporária, ocorre quando o concreto é submetido a uma carga e volta ao normal quando a carga é retirada (Neville e Brooks, 2010);
- **Retração:** Quando a água presente no concreto evapora, o mesmo pode vir a contrair, formando fissuras (Neville e Brooks, 2010);
- **Fluência:** É uma deformação lenta e contínua, ocorre quando o concreto está sob carga constante ao longo do tempo (Neville e Brooks, 2010);
- **Deformação Térmica:** Ocorrem por causa das propriedades térmicas do concreto e pelas condições ambientais. Podem causar expansão ou contração no concreto (Neville e Brooks, 2010).

### 3.3.3 Corrosão nas armaduras

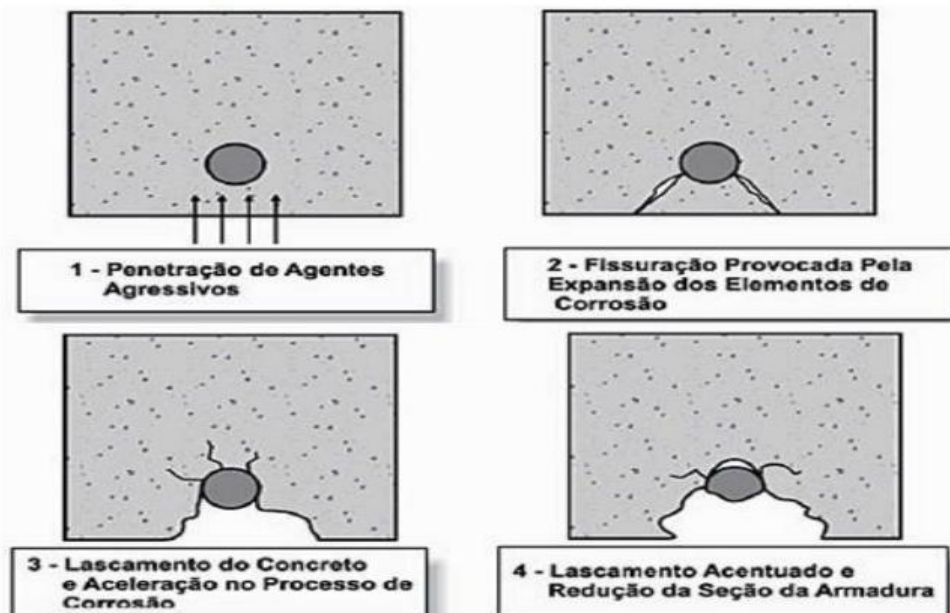
A corrosão nas armaduras é um problema comum em estruturas de concreto armado, como edifícios, pontes e estruturas subterrâneas. A corrosão ocorre quando o aço das armaduras que está embutido no concreto entra em contato com água, oxigênio e outros agentes corrosivos, como íons cloreto e CO<sub>2</sub> do ar, que podem penetrar no concreto ao longo do tempo. Isso pode enfraquecer a estrutura e comprometer sua integridade.

Souza e Ripper (1998) caracterizam a corrosão das armaduras como o resultado da deterioração da camada passivante que ocorre ao redor da superfície das barras. Sendo esta película formada pelo impedimento da dissolução do ferro, devido à alta alcalinidade da solução aquosa existente nos poros do concreto.

Marcelli (2007) faz uma afirmação de que a corrosão na armadura consiste em um processo eletroquímico e a ocorrência da mesma pode ser aumentada por alguns fatores, tais podem ser: agentes agressivos tanto externos quanto internos no concreto, os mesmos podem ter sido adicionados ou gerados pelo ambiente. Para a corrosão ocorrer de fato, é preciso presença de oxigênio e umidade ou dissolução da camada passiva, além do

estabelecimento de uma célula eletroquímica.

Figura 07: Representação do processo de corrosão na estrutura



Fonte: MARCELLI (2007).

Para Fusco (2008) além do prejuízo causado pela patologia na resistência mecânica da estrutura, a corrosão ainda pode acarretar em uma maior facilidade para penetração de outro tipos de agentes nocivos e os mesmos podem vir a prejudicar ainda mais o concreto e as armaduras.

Os níveis de agressividade variam muito de ambiente para ambiente, portanto, a NBR 6118 estabelece os níveis aceitáveis de espessura das fissuras, como:

- 0,1 mm para peças não-protegidas em meio agressivo;
- 0,2 mm para peças não-protegidas em meio não-agressivo;
- 0,3 mm para peças protegida.

Cascudo (2005) diz que a definição de corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado é um processo de deterioração da fase metálica existente e isso conseqüentemente pode acarretar na perda de seção das barras de aço e juntamente com esta perda de seção se formam produtos de corrosão de caráter expansivo. Esses produtos vão se acumulando e começam

a gerar tensões internas que não estão previstas em projetos, e conseqüentemente acabam fissurando o concreto, e com isso, a armadura poderá ficar exposta e isso acelera ainda mais o processo corrosivo.

### 3.3.4 Desagregação do concreto e Eflorescência

Souza e Ripper (1998) entendem a desagregação do concreto, como a separação física do mesmo em fatias, de modo que a estrutura acaba por perder a capacidade resistente a esforços na região desagregada.

Cánovas (1988) afirma que a desagregação faz com que os componentes do concreto percam a sua coesão, reduzindo a resistência mecânica.

Vários são os fatores que podem ser causadores da desagregação: fissuração, movimentação das formas, corrosão no aço do concreto, ataques biológicos, entre outros.

Figura 08 – Desagregação do concreto na viga



Fonte: Cascudo (1997)

Já a eflorescência, é a formação de “depósitos” de sais na superfície do concreto. Esses “depósitos” são resultantes da água que é proveniente de infiltrações. Os sais que são formados podem ser corrosivos e causar uma desagregação, além de alterar a aparência visual da estrutura, já que ocorre uma diferença de cor entre os sais e o substrato onde se acumulam.

Figura 09 – Eflorescência em uma laje



Fonte: SILVA (2011)

#### **4.0 DIAGNÓSTICOS DAS PATOLOGIAS PRESENTES NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

O diagnóstico de patologias em estruturas de concreto armado é um processo essencial na Engenharia Civil para avaliar a condição e a integridade de construções feitas de concreto armado. Esse processo envolve a identificação e avaliação de defeitos, danos, desgastes e outras anomalias que possam comprometer a segurança e a durabilidade da estrutura.

Segundo HELENE (1993), o diagnóstico é a identificação e descrição do mecanismo, das origens e das causas responsáveis pela patologia encontrada em uma estrutura ou elemento estrutural.

HELENE (1993) também diz que a constatação das manifestações patológicas pode decorrer através do visual ou através de uma vistoria realizada. A fase do levantamento de dados é extremamente importante, pois é esta etapa que fornecerá questões necessárias para que a análise possa ser feita corretamente.

Andrade & Silva (2005) dizem que é importante investigar de uma forma cuidadosa a patologia em si e as suas possíveis causas, pois, ao falhar na execução do seu diagnóstico, a solução encontrada não será suficiente. Uma patologia pode se apresentar como consequência de mais de uma deficiência.



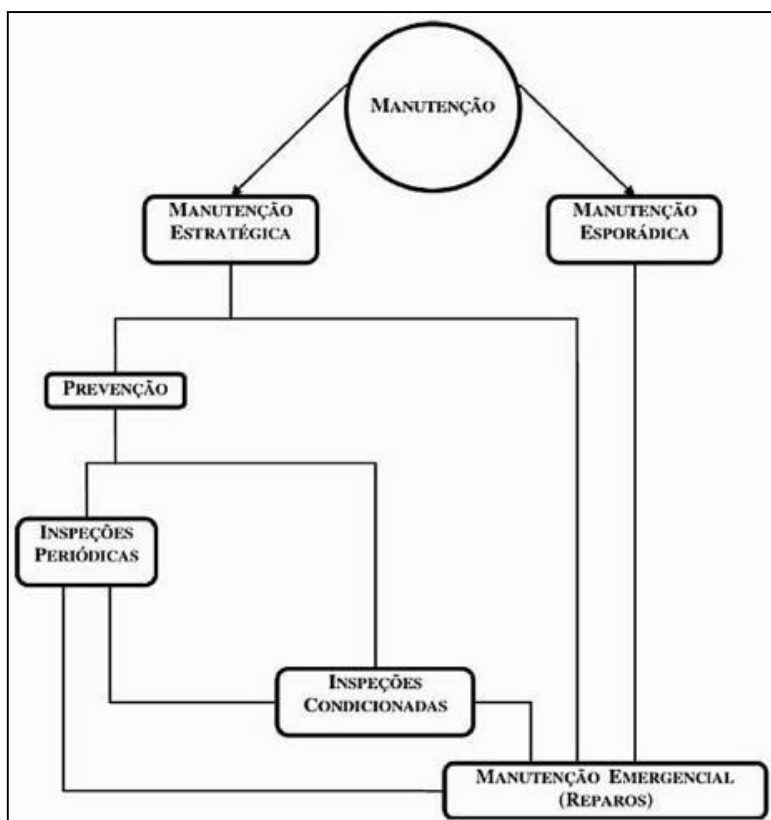
#### 4.1 ETAPAS DOS DIAGNÓSTICOS

O entendimento das diversas manifestações patológicas é suma importância para um diagnóstico bem elaborado, e também para escolher a solução adequada. Em muitas situações, as origens dos problemas não são prontamente identificáveis, podendo também estar relacionadas a outras condições, e isso pode levar a diagnósticos incorretos ou imprecisos.

As etapas envolvidas na inspeção de uma estrutura podem variar desde tarefas simples até investigações complexas, dependendo do problema em questão.

Souza e Ripper (1998), elaboraram um fluxograma que define o sentido de manutenções estruturais relacionadas a patologias.

Figura 10 – Critérios para as manutenções



Fonte: Souza e Ripper (1998).

Para Souza e Ripper (1998), a manutenção estratégica será toda a

manutenção planejada, incluindo a programação das eventuais intervenções.

Para Souza e Ripper (1998), a manutenção preventiva se baseia em informações que são obtidas através de inspeções realizadas.

A manutenção esporádica nasce da necessidade de uma determinada atividade de correção ou de reforço.

#### 4.2 INSPEÇÕES REALIZADAS – PRELIMINAR E DETALHADA

Uma inspeção preliminar é normalmente um exame mais “simples” e não invasivo, realiza-se uma observação visual geral na estrutura para a primeira visualização e identificação de anomalias nos componentes. Então, esse tipo de inspeção não permite revelar todos os problemas existentes na edificação, principalmente patologias que estão ocultas ou fora do raio de visão (GRANATO, 2002).

Após essa inspeção visual, o resultado é expresso através de termos. Correia (2013) cita os termos, como: Satisfatório, tolerável, alerta e crítico. Os mesmos são classificados levando em conta as circunstâncias das anomalias e as consequências.

Para chegar nessa conclusão, alguns critérios são seguidos, pode-se citar:

- Tipo de elemento e/ou material onde a anomalia se encontra;
- Causas da ocorrência;
- Estado evolutivo da anomalia;
- Consequências previsíveis da anomalia.

Para finalizar a inspeção, é feito um relatório que faz referência aos aspectos encontrados.

A inspeção detalhada já é mais avançada em relação a inspeção preliminar, é feita uma análise geral da estrutura, ocorrem análises de projetos existentes, tanto estruturais quanto arquitetônicos, procura-se documentos existentes, etc. Após isso, são realizados ensaios de campo e laboratório.

Segundo Granato (2002) para uma inspeção detalhada ser bem sucedida e de alta qualidade, deve-se abordar alguns itens, tais:

- Fichas, croquis, planos de levantamento de danos;

- Planos de amostras;
- Tabela de tipificação dos anos;
- Técnicas de ensaios/medições/análises adequadas;
- Regiões onde deverão ser realizados os ensaios;
- Planificação de materiais e equipamentos

Para a finalização da inspeção detalhada é elaborado um relatório, o mesmo contém os resultados dos ensaios realizados e também, planos para a recuperação de tal problemas patológico encontrado.

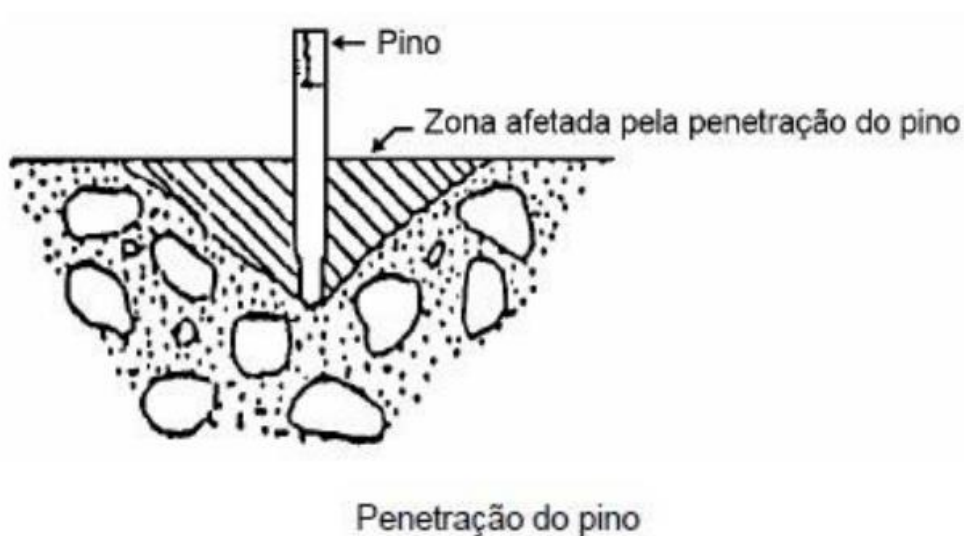
### 4.3 ENSAIOS NO CONCRETO

#### 4.3.1 Determinação da resistência à compressão do concreto

O ensaio para determinar a resistência à compressão é feito para verificar se o concreto alcança a resistência mínima exigida, o valor mínimo exigido está sempre especificado no projeto.

O ensaio poderá ser feito por meio da penetração de pinos, isso consiste em medir a profundidade em que o pino de aço conseguirá penetrar no concreto, tem por finalidade descobrir a resistência do concreto de modo qualitativo, medindo a dureza superficial do material (GRANATO, 2002).

Figura 11 – Representação do ensaio através de pinos

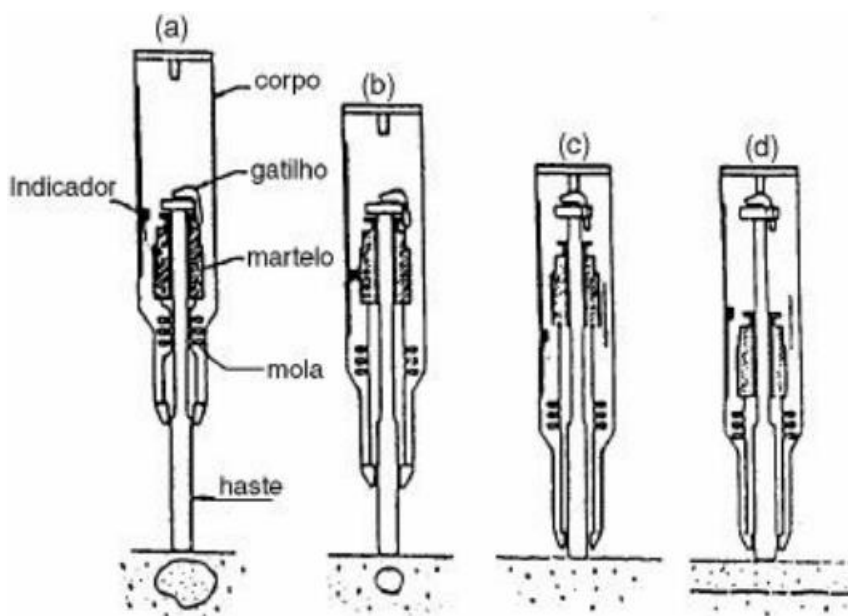


Fonte: Granato (2002).

Outro método de ensaio bastante utilizado no Brasil é o da Esclerometria, esse ensaio não é destrutivo e mede a dureza superficial do concreto, através disso, tem-se os elementos necessários para a análise da qualidade do concreto.

Segundo Granato (2002) o ensaio da Esclerometria é uma das técnicas mais utilizadas para avaliação da homogeneidade do concreto e as suas diretrizes estão de acordo com a NBR 7584 (2012). O mesmo cita que a dureza do concreto é diretamente influenciada pelo tipo de agregado que foi utilizado.

Figura 12 – Representação do ensaio com Esclerômetro



Fonte: Granato (2002).

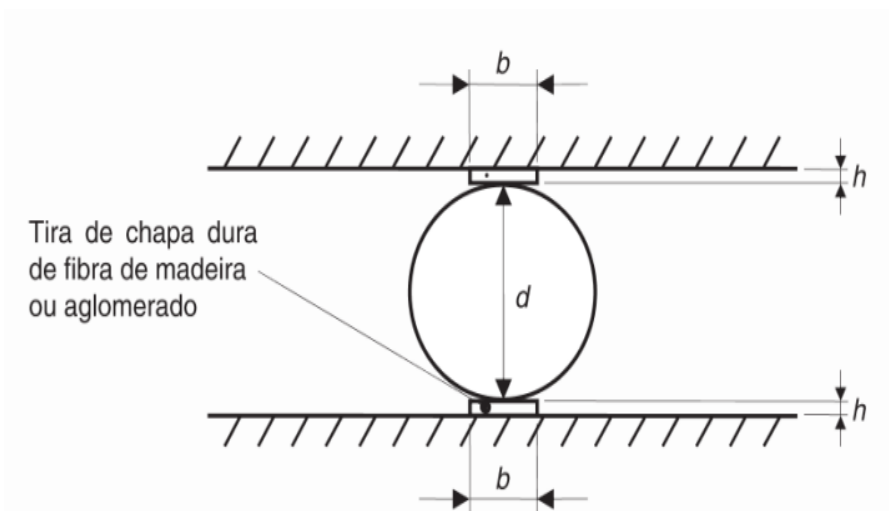
Vale destacar que a esclerometria não serve para a estimativa de resistência à compressão do concreto na superfície da estrutura, a mesma é utilizada como um meio de triagem inicial para identificar áreas que podem exigir uma investigação mais detalhada.

### 4.3.2 Determinação da resistência à tração do concreto

A resistência à tração do concreto é uma propriedade básica que afeta a extensão e o tamanho das fissuras na estrutura. Sabe-se que quando a resistência à retração do concreto for maior que a resistência à tração, ocorrerá fissuras.

Segundo Pinheiro (2007), o ensaio mais utilizado é o de tração por compressão diametral. Para realizar o mesmo, precisa-se de um corpo de prova de 15 cm por 30 cm, o mesmo é colocado com o eixo horizontal entre dois pratos da prensa, deverá ser utilizado uma madeira de 30 cm de comprimento em cada lado do corpo de prova, assim, é aplicada uma força até a sua ruptura por tração.

Figura 13 – Ensaio de tração por compressão diametral



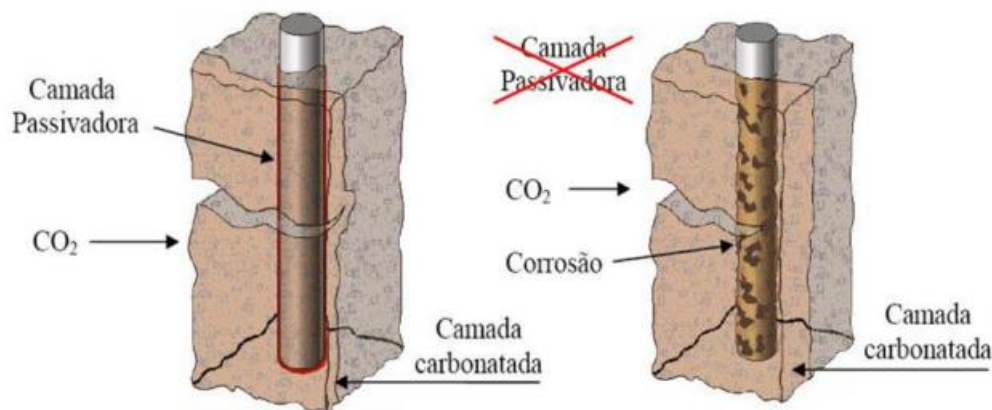
Fonte: ABNT NBR 7222 (2011).

### 4.3.3 Determinação da profundidade da carbonatação

A carbonatação do concreto pode ser uma condição fundamental para que ocorra o processo de corrosão das armaduras. A carbonatação avança em direção ao interior do concreto e quando alcança a armadura ocorre a despassivação do aço e o mesmo tende a se tornar mais vulnerável, porém, isso

só irá ocorrer caso algumas condições estejam presentes, tais: água suficiente no interior do concreto, diferença de potencial elétrico para ocorrer a corrosão, presença de oxigênio no concreto, etc.

Figura 14 – Avanço da carbonatação



Fonte: Martins (2011).

Segundo Cascudo (1997), a carbonatação está diretamente ligada com a maneira que o concreto foi lançado, adensado, curado, o tipo de cimento utilizado, as condições climáticas e a umidade no ambiente, tudo isso auxilia para a ocorrência da carbonatação.

Para determinar a profundidade da carbonatação são utilizados diversos métodos, pode-se citar: indicadores de PH, difração de raio X, etc.

#### 4.3.4 Determinação do cobrimento da armadura

O cobrimento das armaduras na estruturas de concreto armado, tem como principal função a proteção contra agentes físicos e químicos. Se o cobrimento possuir uma espessura menor que a especificada em projeto, poderá ter o surgimento de trincas ou até mesmo um processo corrosivo.

O ensaio de Pacometria é utilizado para medir o cobrimento. É utilizado um equipamento chamado de pacometro. O mesmo é composto por um eletro-ímã, cuja "agulha" é sensibilizada pela presença de metais. Vale destacar que esse sistema não será preciso para estruturas de concreto armado com alto teor

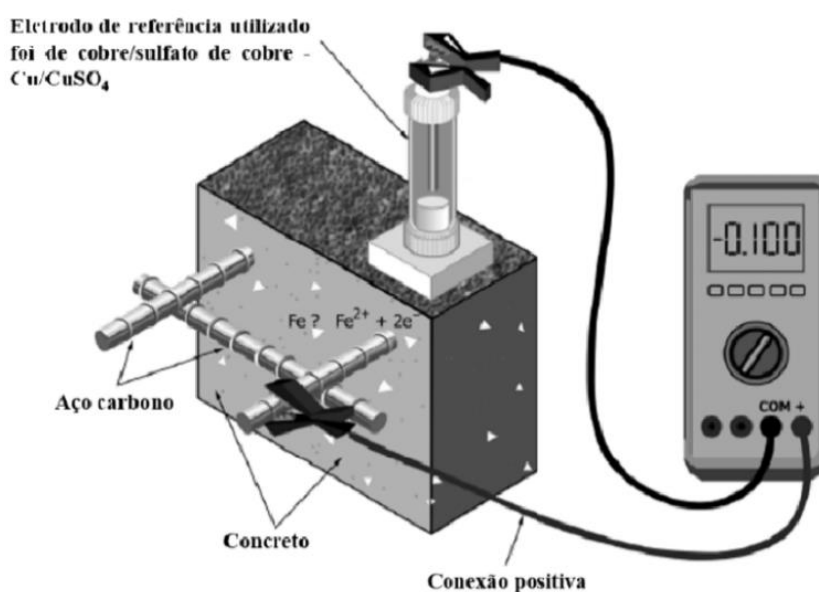
de armaduras.

#### 4.3.5 Potencial de corrosão

O potencial de corrosão existente em estruturas de concreto armado pode ser medido para avaliar a probabilidade de corrosão do aço utilizado nas armaduras das estruturas. A ASTM C876 descreve um procedimento padrão para realizar esses ensaios, o mesmo é chamado de ensaio de potencial de corrosão. Antes da realização do mesmo, é de suma importância que alguns aspectos da estrutura sejam analisados, como a condição da superfície, armaduras expostas, tipo de concreto, etc.

O resultado obtido no ensaio indicará a direção das correntes, porém, apenas os resultados desse ensaio não fazem uma avaliação 100% precisa.

Figura 15 – Esquema para realizar o potencial de corrosão



Fonte: Adaptado de ASTM C876 (2015).

#### 4.3.6 Taxa de corrosão

Andrade (2000) diz que o ensaio para descobrir a taxa de corrosão mede o tempo em que o aço perde a seção por corrosão, levando em consideração as

condições ambientais, tipos de armaduras, etc.

## **5.0 RECUPERAÇÕES E/OU REFORÇOS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO A PATOLOGIAS**

A recuperação de patologias em estruturas de concreto armado faz referência ao processo de restauração e/ou reabilitação dessas estruturas quando as mesmas apresentam danos, deterioração ou possíveis falhas. As soluções necessárias para o restabelecimento do desempenho das estruturas deverão ser traçadas da melhor maneira possível, para que venha a ser realizada uma intervenção útil e definitiva.

Para o projeto de recuperação, deve-se levar em consideração as condições que a estrutura se encontra, proteções adicionais, além de parâmetros ambientais e sociais. Tudo isso deverá ser considerado. Esse serviço depende de uma análise minuciosa dos fatores que podem ter causado tal problema. A partir disso, o profissional parte para a escolha do método que será mais eficaz, incluindo a escolha dos melhores materiais a serem utilizados, equipamentos e mão de obra.

Souza e Ripper (1998) citam que todos os custos da solução encontrada, tanto de recuperação quanto de reforço é função direta do projeto adotado, tendo que estar presentes cálculos, metodologias, especificações de materiais e todos os tipos de trabalhos complementares, como escoramentos, fôrmas, andaimes, entre outros.

Marcelli (2007) cita que os processos tanto de recuperação quanto os de reforços estruturais, devem obedecer a uma criteriosa conduta durante a preparação e a limpeza do substrato. Segundo a mesma autora, os procedimentos iniciais são obrigatórios e de suma importância para uma perfeita solução.

### **5.1 RECUPERAÇÃO SUPERFICIAL DO CONCRETO**

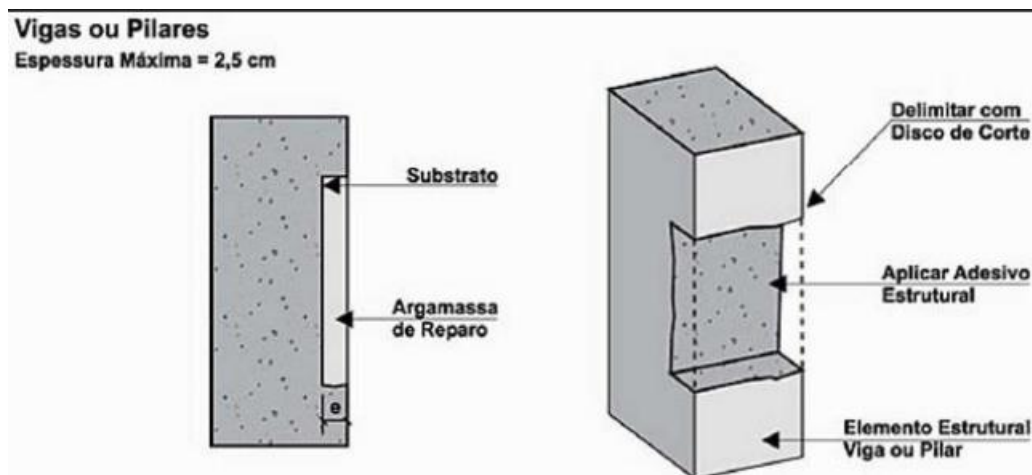
A recuperação superficial do concreto se afere ao processo de restauração da camada superficial de um elemento que sofreu deterioração, desgaste ou danos. Todas as recuperações e/ou reforços deverão seguir uma



conduta rigorosa e bem planejada, inclusive nos procedimentos preliminares tais como a preparação e limpeza do substrato.

Souza e Ripper (1998) dizem que os reparos superficiais são aqueles de profundidade inferior a 2,0 cm, não ultrapassando a espessura do cobrimento da armadura.

Figura 16 – Recuperação superficial



Fonte: Marcelli (2007).

Existem diversas técnicas para realizar a recuperação superficial do concreto, como:

- Reparos com argamassa: Essa técnica faz o preenchimento de fissuras ou áreas danificadas com argamassas adequadas (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Polimentos: É utilizado para a remoção de camadas superficiais danificadas (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Aplicação de revestimentos protetores: Consiste na aplicação de selantes ou resinas, são utilizadas para proteger a superfície do concreto contra a penetração de água ou agentes indevidos (BATISTA, 2000);
- Jateamentos: Consiste no uso de jatos de areia ou outros para remover a camada deteriorada da superfície do concreto (SOUZA e RIPPER, 1998).

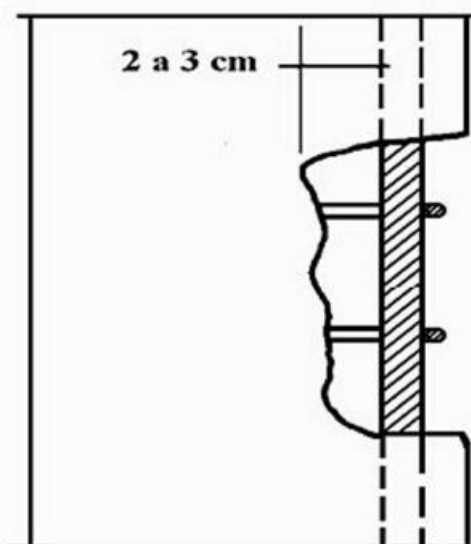
Todas essas técnicas e aplicações servem para a restauração da integridade das estruturas, prologamento da vida útil e a aparência da superfície.

## 5.2 RECUPERAÇÃO PROFUNDA DO CONCRETO

De maneira diferente da recuperação superficial, a recuperação profunda tem por objetivo abordar questões que poderão afetar a resistência estrutural da edificação, onde as mesmas poderão comprometer a capacidade de suporte de cargas ou a exigência dos padrões de segurança.

Souza e Ripper (1998) citam que os danos profundos são aqueles de até 5,0cm de profundidade.

Figura 17 – Corte de concreto



Fonte: Souza e Ripper (1998).

Conta-se com uma grande variedade de técnicas para solucionar cada situação especificam como:

- Injeção de resina ou grautes: Se aplica na estrutura para o preenchimento de vazios, fissuras ou áreas danificadas (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Cortes: Essa técnica consiste na remoção de seções danificadas e sua substituição por novos elementos estruturais (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Análise e reforço estrutural: Consiste na identificação de áreas críticas na estrutura, seguida pelo reforço dessas áreas utilizando

técnicas adequadas (SOUZA e RIPPER, 1998).

O processo de recuperação profunda do concreto exige um conhecimento especializado e pode envolver uma análise detalhada da estrutura antes da aplicação das soluções.

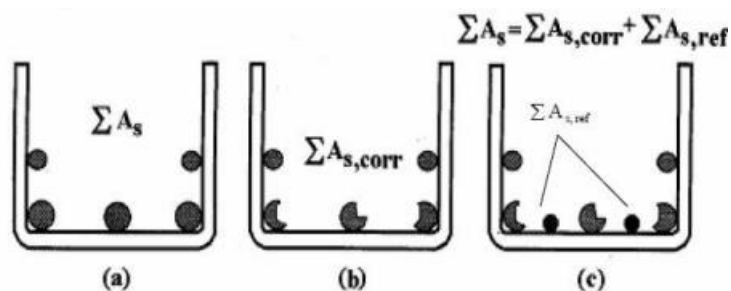
### 5.3 TRATAMENTO DAS ARMADURAS

O tratamento das armaduras se refere ao conjunto de técnicas que são utilizados para preservar, melhorar ou modificar as propriedades de tal armadura. Essas técnicas podem incluir limpeza, proteção contra corrosão, aumento da durabilidade, melhorias estéticas. Vai depender do tipo de armadura em questão e qual o objetivo. O tratamento das armaduras pode ser aplicado a uma variedade de contextos, com a intenção de garantir sua funcionalidade, durabilidade e desempenho ao longo do tempo.

Marcelli (2007) cita que após a limpeza da armadura em questão, o próximo passo é avaliar a necessidade de substituição da ferragem que foi afetada, isso ocorre através da retirada de amostras para avaliação e ensaios em laboratório.

Na maioria das vezes o tratamento se dá através de reforço das armaduras. Isso é feito quando se quer voltar a capacidade de carga inicial da estrutura e/ou aumentar a sua capacidade de carga. O reforço deve ser considerado quando a parte da estrutura estiver corroída, atingir 15% da seção original. (SOUZA e RIPPER, 1998).

Figura 18 – Adição de barras em estrutura corroída



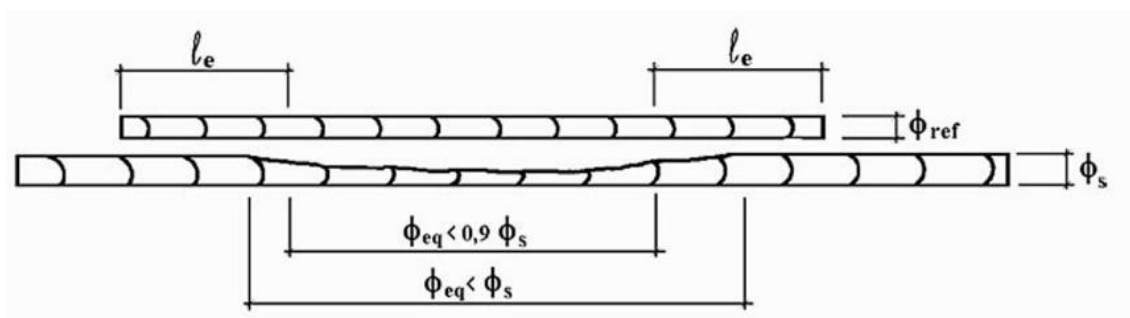
Fonte: Souza e Ripper (1998).

## 5.4 EMENDAS DAS ARMADURAS

Souza e Ripper (1998) citam que as emendas entre uma barra que é de recuperação e uma barra que já existe, tem um grau de importância similar ou maior que em novas construções. Isso ocorre, pois, a emenda deverá ocupar o menor espaço possível para que não tenha uma grande remoção de concreto.

Emendas de armaduras se referem às conexões de barras de aço. Essa técnica é muito utilizada na construção civil para garantir a continuidade e integridade estrutural em locais onde as barras de aço precisam ser unidas para formar uma única peça contínua (SOUZA e RIPPER, 1998).

Figura 19 – Emenda entre barras de uma armadura corroída



Fonte: Souza e Ripper (1998).

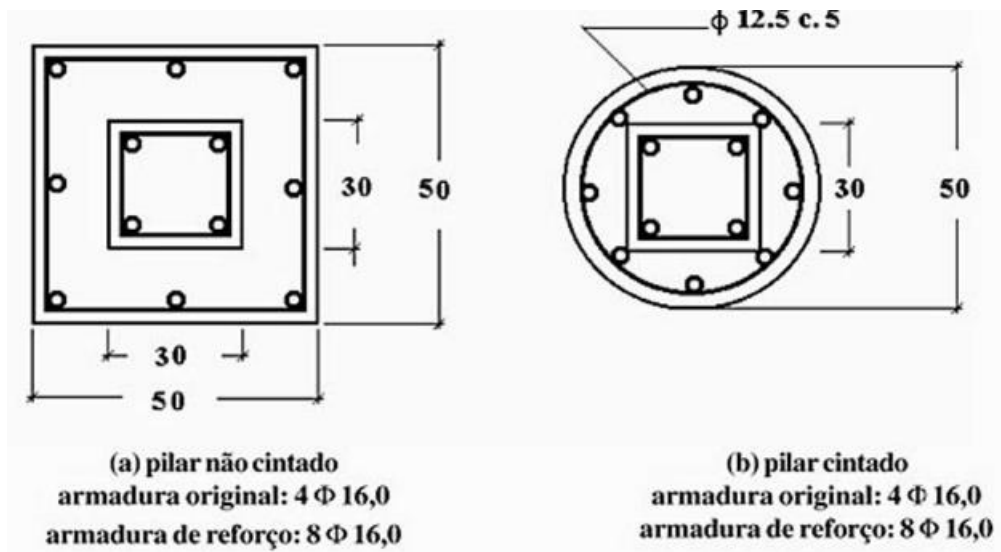
A questão de emenda de ferragem é importante para a garantia da resistência e da estabilidade da estrutura, permitindo que a transmissão das forças sejam transmitidas de maneira eficiente e correta através da armadura. Essa conexão é realizada seguindo padrões e diretrizes específicas de engenharia para garantir a segurança e desempenho adequados da estrutura.

Existem diferentes tipos de emendas de ferragem, cada um adequado a situações específicas de projeto e construção. A escolha do tipo de emenda depende das necessidades estruturais e das especificações do projeto em questão. Pode-se citar alguns tipos: Emendas por transpasse, emendas com luvas, emendas com solda, etc (MARCELLI, 2007).

## 5.5 MÉTODOS DE REFORÇOS EM PILARES

Os métodos de reforço de pilares se refere as técnicas que são utilizadas na engenharia estrutural para fortalecer pilares existentes. Essas técnicas são empregadas quando se tem a necessidade de aumentar a capacidade de carga, melhorar a resistência e/ou corrigir deficiências estruturais.

Figura 20 – Reforço de pilar



Fonte: Souza e Ripper (1998).

A escolha de qual método de reforço será utilizado, vai depender das condições específicas da estrutura, do projeto e características da carga aplicada ao pilar. São realizadas análises detalhadas para determinar o método mais adequado para cada situação.

Pode-se citar algumas técnicas utilizadas, tais:

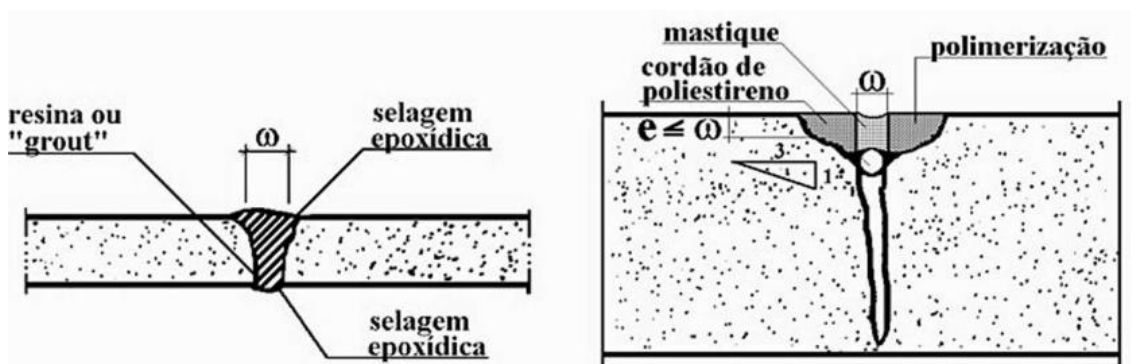
- Envolvimento com concreto reforçado: Se baseia na adição de uma camada externa de concreto ao redor do pilar, serve para aumentar a resistência e a capacidade de carga (CASTRO, 2004);
- Adição de chapas de aço: Fixação de algumas chapas de aço nas faces do pilar, serve para uma maior resistência (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Adição de fibra de Carbono: Aplicação de laminas de fibra de Carbono no exterior do pilar, serve para incrementar a capacidade de carga e aumento da resistência (SOUZA e RIPPER, 1998).

## 5.6 TRATAMENTO DAS FISSURAS

Para tratar uma manifestação patológica originada por fissuras, deve-se verificar o que veio a causar a mesma. Dependendo do tipo de fissura, será imposta uma solução e os materiais que serão utilizados (MARCELLI, 2007).

É muito importante que a fissura seja tratada, para evitar consequências como a perda de desempenho e até mesmo, o colapso da estrutura.

Figura 21 – Selagem e vedação de fendas



Fonte: Souza e Ripper (1998).

Entre os métodos mais utilizados para a reparação de fissuras, temos:

- Injeções: Consiste na injeção de resina nas fissuras para restaurar a continuidade estrutural (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Selagem: Se baseia no uso de selantes para fechar as fissuras e evitar a entrada de água ou agentes agressivos. (SOUZA e RIPPER, 1998);
- Grampeamento: Instalação de grampos metálicos transversais para fornecer suporte e impedir a abertura adicional (SOUZA e RIPPER, 1998).

A escolha da técnica utilizada vai depender da natureza das fissuras, da sua extensão, do material utilizado na estrutura, etc. É de suma importância que seja feita uma análise detalhada da condição da estrutura antes de aplicar qualquer técnica de reparo, deverão ser levadas em consideração as normas

ativas para a garantia de uma execução bem feita e segura.

## 6.0 ESTUDO DE CASO

Com o objetivo de demonstrar as patologias encontradas em uma edificação de concreto armado, o estudo de caso foi desenvolvido em uma edificação em Santa Maria/RS que começou a ser construída na década de 60 e teve a obra totalmente parada na década de 70. Antigamente chamado como Edifício Galeria Rio Branco, a estrutura foi inicialmente projetada para ter duas torres de 16 andares cada, a torre da frente está com os 16 andares estruturados, porém, a torre dos fundos está com a estrutura no 3º andar. O terreno possui 829 m<sup>2</sup>, 15,5 m de largura e 53,5 m de extensão.

Figura 22 – Fachada da edificação



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 23– Fachada da edificação



Fonte: AUTOR (2023).

## 6.1 Patologias tipo “a” – armaduras expostas em lajes e escadas

Apesar da má aparência, essas patologias não tem interferências na segurança global da edificação, então, poderão ser recuperadas quando o prédio

for preparado para ocupação definitiva.

Figura 24 – Laje com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 25 – Laje com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 26 – Laje com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 27 – Escada com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Para a recuperação dessas patologias do tipo “a”, as armaduras deverão ser descobertas até a profundidade do concreto, tratadas com anticorrosivo. Depois do tratamento, pode-se utilizar o paquímetro para a verificação dos diâmetros remanescentes. Se a redução dos diâmetros forem superiores a 5%, a armadura, obrigatoriamente, deverá ser reforçada ou até mesmo substituída



se estiver seccionada. Por sugestão, poderá ser aplicada sobre a superfície acabada uma manta de fibra de carbono para recompor a resitência à tração. A finalização da recuperação dessa patologia se dará com o recobrimento em argamassa se for na face inferior ou vertical do elemento estrutural. Se for na face superior, a sugestão é que poderá ser feito com graute.

## 6.2 Patologias tipo “b” – armaduras expostas nas vigas

Se as vigas estiverem no sentido longitudinal do prédio, as mesmas não interferem na segurança global da estrutura. Mas, se as vigas estiverem no sentido transversal do prédio, ou seja, fazendo parte dos pórticos da estrutura, as mesmas deverão ser acompanhadas com mais cuidado. A recuperação dessas patologias do tipo “b”, poderão ser feitas da mesma maneira que a recuperação feita nas lajes.

Figura 28 – Viga com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 29 – Viga com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 30 – Viga com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

### 6.3 Patologias tipo “c” – armaduras expostas nos pilares

Essas patologias podem interferir na segurança global da estrutura, logo, as mesmas deverão ser acompanhadas e recuperadas. Em ambos os blocos existem pilares com grau semelhante de deterioração, porém, como a carga existente no bloco dos fundos é menor que a carga no bloco da frente (só foram construídos 3 pavimentos e a estrutura foi calculada para 16 pavimentos), essa parte da edificação não necessita de uma urgência na recuperação.

Figura 31 – Pilar com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 32 – Pilar com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 33 – Pilar com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 34 – Pilar com armadura exposta



Fonte: AUTOR (2023).

As armaduras deverão ser tratadas da mesma maneira que as lajes e as vigas, porém, se forem detectadas armaduras comprometidas além do limite, o pilar deverá ser redimensionado com novas armaduras para que o mesmo possa voltar a ter sua resistência de origem.

Se o pilar for de seção circular, as novas armaduras poderão ser dispostas ao lado da armadura que estiver prejudicada. Se o pilar for de seção retangular, a armadura pode ser recomposta com cantoneiras nos cantos dos pilares. As armaduras devem ser cobertas por graute e sustentadas contra a flambagem por mantas de fibra de carbono.

#### **6.4 Patologias tipo “d” – dentes gerber deteriorados**

Essas patologias não interferem na segurança global da edificação, visto que, a direção das VIGAS que se apoiam nos “dentes” é LONGITUDINAL (conforme citado no item 6.2). Porém, é recomendado o escoramento das mesmas para evitar o aumento dos danos. Essa patologia é causada pelo posicionamento dos “dentes”, os mesmo, se encontram pressionando o concreto

não contido pelas armaduras, causando a quebra do concreto de revestimento e/ou a desagregação do mesmo.

Figura 35 – Patologia tipo “d”



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 36 – Patologia tipo “d”



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 37 – Patologia tipo “d”



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 38 – Patologia tipo “d”



Fonte: AUTOR (2023).

#### 6.4 Patologias tipo “e” – falhas de concretagem e quebras de cobrimento

Essas patologias não interferem na segurança global da estrutura, pois, são de pequenas dimensões. As mesmas podem ser resultantes de falhas construtivas, como o lançamento, a vibração ou até mesmo, pela quebra do concreto por usuários. A recomposição é feita com limpeza e com graute.

Figura 39 – Pilar com patologia tipo “e”



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 40 – Ninho de concretagem



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 41 – Ninho de concretagem



Fonte: AUTOR (2023).

Figura 42 – Pilar com patologia tipo “e”



Fonte: AUTOR (2023).

## 7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme foi visto no presente trabalho, as patologias são muito comuns nas estruturas de Concreto Armado. Apesar da sua ocorrência se originar de diversas formas, existem métodos, técnicas e cuidados que podem evitar a aparição não planejada de tal anomalia.

Durante a execução da estrutura, existem fatores que devem andar lado a lado, como a qualidade dos materiais empregados, a qualificação dos profissionais envolvidos, tanto na mão de obra geral quanto na equipe de comando da construção, ambos deverão ter capacidade e conhecimentos o suficiente para a execução da edificação da melhor maneira possível.

Para prevenir a ocorrência de patologias indesejáveis, as especificações escritas nos projetos deverão ser seguidas a risca, visto que, no mesmo se encontrará a classe de agressividade que a edificação irá enfrentar, cargas aplicadas, entre outras questões importantíssimas. Também, devem ser levadas em consideração fatores externos que podem influenciar na estrutura, como por exemplo, ações da natureza.

Sabe-se que apesar da estrutura ter sido bem executada, deve existir um planejamento para manutenções na mesma, com isso, os problemas podem ser detectados no início, permitindo uma solução mais rápida e eficaz. Em tais manutenções, deve-se tomar cuidados para que não se modifique as características originais da estrutura.

Uma estrutura deverá sempre ser observada e avaliada por um Engenheiro capacitado, afim de evitar danos que podem vir a se tornar irreversíveis.

A partir do estudo realizado, foram vistas as principais manifestações patológicas, como: Fissuras, falhas de concretagem, armaduras expostas, corrosão, carbonatação, etc. Após o conhecimento das patologias citadas, foram vistos alguns métodos de recuperação e/ou reforços, como: tratamento e emendas das armaduras, por meio do que foi realizado, constata-se então, a importância de uma obra bem executada, mão de obra qualificada, projetos bem elaborados e especificados, materiais de boa qualidade e manutenções periódicas a serem realizadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, L. C. de. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de Aula, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- ANDRADE, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras**. São Paulo: Ed Pini, 1992.
- ANDRADE, Tibério. **Tópicos sobre Durabilidade do Concreto**. São Paulo: Ibracon, 2005.
- ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. **Patologia das Estruturas**. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de edificações Habitacionais** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projetos de Estruturas de Concreto** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de Estruturas de Concreto** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado para estruturas de Concreto Armado** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para projetos estruturais** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de Cimento Portland** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14900: Sistema de gestão pela APPCC** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7680: Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhas de estruturas de concreto** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935: Agregados – Terminologia** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12645: Metodologia do controle tecnológico do concreto** – Procedimento, Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674:**

**Manutenções de edificações** – Procedimento, Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7584: Concreto endurecido** – Procedimento, Rio de Janeiro, 2012.

AZEVEDO, M. T. D. **Patologia das Estruturas de Concreto**. Concreto: Ciências e Tecnologia, p. 1095-1128, 2011.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de aula, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2006.

BEZERRA, J. E. A. **Estruturas de Concreto Armado: Patologia e Recuperação**, Fortaleza, 1998.

BRANDÃO, A.M.S.; PINHEIRO, L.M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Notas de aula, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. 1ª edição. São Paulo: Ed. Pini, 1988.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: inspeção e técnicas eletroquímicas**. 1ª edição. Goiânia: Ed. UFG, 1997.

CHODOUNSKY, M. A.; VIECELI, F. A. **Pisos industriais de concreto: aspectos teóricos e executivos**. São Paulo, Ed. Reggenza, 2007.

COELHO, R. S. de A. **Concreto armado na prática**. São Luis: Ed. Uema, 2008.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projetos na redução dos custos de manutenção das construções**. Congresso Construção, Universidade de Coimbra, Portugal, 2007.

FRANÇA, E. P. De. **Tecnologia Básica do Concreto**. Notas de aula, CEFET, Belo Horizonte, 2004.

FUSCO, P.B. **Tecnologia do concreto estrutural: Tópicos aplicados a componentes, durabilidade, resistência mecânica, corrosão e compressão**. São Paulo, ED Pini, 2008.

GRANATO, J. E. **Patologia das construções**. Apostila, São Paulo, 2002.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Corrosão em armaduras para concreto armado**. São Paulo: Ed. Pini, 1993.

HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Manual para reparo, reforço e proteção das estruturas de concreto**. 2ª edição. São Paulo: Ed Pini, 1992.

HELENE, P.; **Introdução a vida útil no projeto das estruturas de Concreto**. São Paulo, 2001.



HELENE, Paulo. ANDRADE, Tibério. **Concreto de Cimento Portland**. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das Construções: Procedimentos para diagnóstico e recuperação**. Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1986.

MARCELLI, M. **Sinistros na Construção Civil: causas e soluções para danos e prejuízos na obra**. São Paulo, Ed. Pini, 2007.

MARTINS, Carlos Alberto Cavalcanti. **Estimativa da profundidade de carbonatação do concreto com o uso de redes neurais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2011.

MEHTA, K. P., MONTEIRO, P. **Concreto: Estrutura, Propriedades e materiais**. São Paulo: Editora Pini, 1994.

NEVILLE, A., **Consideration of durability of concrete structures: past, presente and future**. *Materials and Structures*. V.34, n.236. p. 114-118, 2001).

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Concrete technology**. 2. ed. Harlow: Pearson, 2010.

PINHEIRO, MUZARDO & SANTOS. **Fundamentos do Concreto e projeto de edifícios**. Monografia apresentada, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2004.

PORTO, Thiago Bomjardim; FERNANDES, Danielle Stefane Gualberto. **Concreto armado: vantagens e desvantagens**. 2018. Disponível em: <[Concreto armado: vantagens e desvantagens \(ofitexto.com.br\)](http://Concreto%20armado:vantagens%20e%20desvantagens%20(ofitexto.com.br))> Acesso Out. 2023.

ROSSATTO, B. M. **Estudo comparativo de uma edificação em estrutura metálica/concreto armado - estudo de caso**. 2015. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo: Ed. Pini, 1998.