

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS – CAMPUS AVANÇADO PIUMHI BACHARELADO EM ENGENHARIA  
CIVIL**

Tháila Costa Lara

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PEÇAS DE CONCRETO**

PIUMHI

2023

Tháila Costa Lara

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM  
PEÇAS DE CONCRETO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Avançado Piumhi, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dayana Keitty Carmo Gonçalves.

PIUMHI

2023

---

L318e Lara, Thaila Costa.

Estudo de caso: avaliação de manifestações patológicas em peças de concreto [manuscrito] / Thaila Costa Lara. – 2023.

70 f. : il. color.

Orientadora: Dayana Keitty Carmo Gonçalves.

Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelado) – Instituto Federal Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi, 2023.

1. Construção civil. 2. Concreto - deterioração. 3. Patologia. 4. Engenharia civil. I. Gonçalves, Dayana Keitty Carmo. II. Instituto Federal de Minas Gerais. *Campus* Avançado Piumhi. III. Título.

CDD 690.24

---

Catálogo: Andreia Cristina Damasceno - CRB-6/1974



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**

**Campus Avançado Piumhi**  
**Diretoria de Ensino**  
**Docentes Campus Avançado Piumhi**  
Rua Severo Veloso 1880 - Bairro Bela Vista - CEP 37925-000 - Piumhi - MG  
(37)3371-3353 - www.ifmg.edu.br

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

THAILA COSTA LARA

**ESTUDO DE CASO: AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PEÇAS DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado de Engenharia Civil, ofertado pelo *campus* Piumhi do Instituto Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 05 de Julho de 2023, pela banca examinadora:

Piumhi, 05 de julho de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Dayana Keitty Carmo Gonçalves, Professor(a) Substituto(a)**, em 05/07/2023, às 18:24, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Jeferson Monteiro de Andrade, Professor**, em 06/07/2023, às 10:10, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Honória de Souza, Professor(a) Substituto(a)**, em 06/07/2023, às 11:40, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1605153** e o código CRC **98C46BE4**.

---

Dedico este trabalho a meus pais.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a Deus em primeiro lugar, por ele sempre ter me amparado e me ajudado em todos os momentos em que eu precisei.

Gostaria de expressar meu profundo agradecimento aos meus pais, Silvano e Clarice, por todo o apoio incondicional e dedicação que sempre demonstraram. Sem o amor e o suporte de vocês, nada disso seria possível. Agradeço por terem estado ao meu lado, encorajando e me apoiando em todas as etapas da minha jornada. Este trabalho é dedicado a vocês como uma forma singela de mostrar minha gratidão por tudo que fizeram por mim. Sou extremamente abençoada por tê-los como meus pais.

E também, queria agradecer ao meu irmão por sempre ter me incentivado e apoiado. Aos meus amigos, que de diversas maneiras me auxiliaram ao longo de todo o curso.

Ao meu namorado e amigo Pedro, que me apoiou durante todo o processo de construção desse trabalho. Sua constante cobrança e encorajamento foram fundamentais para mim.

Aos meus professores do Instituto Federal de Minas Gerais, em especial a minha orientadora, Dr.(a.) Dayana Keitty Carmo Gonçalves, pelos ensinamentos, paciência e incentivo.

## RESUMO

No contexto nacional, a tipologia estrutural mais empregada é a que conta com estrutura em concreto armado. Sendo comum que essas estruturas sofram processos de deterioração o que diminui a vida útil prevista. A área do conhecimento que se dedica a estudar esses processos é a patologia, onde manifestações patológicas são compreendidas como o adoecimento da edificação, em analogia a conceitos empregados na área da saúde. As manifestações patológicas estão relacionadas aos materiais utilizados, à forma como são empregados, à competência dos executores e a manutenção realizada. Diante de uma manifestação patológica é necessário implementar medidas que visem sanar a situação, uma vez que caso não sejam tomadas medidas a situação tende a se agravar ao longo prazo. Portanto, com o objetivo de avaliar as patologias existentes em uma edificação, nesta monografia é apresentado o estudo de caso de uma edificação com estrutura em concreto armado, edificada no município de Capitólio-MG. São discutidos aqui o diagnóstico, com levantamento das causas, origem e extensão das manifestações presentes. Por fim, serão discutidos tratamentos para a situação encontrada e medidas profiláticas que poderiam ser empregadas e que evitariam as manifestações.

**Palavras-chave:** Construção Civil.Concreto-Deterioração.Patologia.

## **ABSTRACT**

In the national context, the most commonly employed structural typology is reinforced concrete structures. It is common for these structures to undergo deterioration processes, which reduces their expected lifespan. The field of knowledge dedicated to studying these processes is pathology, where pathological manifestations are understood as the "illness" of the building, drawing an analogy to concepts employed in the healthcare field. Pathological manifestations are related to the materials used, the way they are employed, the competence of the builders, and the maintenance performed. When faced with a pathological manifestation, it is necessary to implement measures aimed at resolving the situation since, if no action is taken, the situation tends to worsen over the long term. Therefore, with the aim of evaluating the existing pathologies in a building, this monograph presents a case study of a reinforced concrete structure located in Capitólio-MG. The diagnosis is discussed, including an assessment of the causes, origin, and extent of the present manifestations. Finally, treatments for the identified situation and preventive measures that could be employed to avoid future manifestations are discussed.

**Keywords:** Civil Construction.Concrete-Deterioration.Pathology.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Caminhão basculante do tipo dumpcrete .....	20
Figura 2: Segregação do concreto .....	21
Figura 3: Função de fôrmas .....	22
Figura 4: Adensamento do concreto com vibrador de imersão .....	23
Figura 5: Ensaio de slump test .....	26
Figura 6: Ensaio de compressão .....	27
Figura 7: Ensaio de tração na flexão .....	28
Figura 8: Propagação do pulso ultrassônico entre transdutores em um corpo de prova .....	30
Figura 9: Ensaio esclerométrico .....	32
Figura 10: Frente de carbonatação e alteração do Ph do concreto.....	33
Figura 11: Exemplo de guia metálica para montagem de corpo de prova .....	34
Figura 12: Causas de insuficiência de cobrimento .....	37
Figura 13: Etapa da instalação da corrosão em barra de armadura. ....	37
Figura 14: Corrosão da armadura .....	39
Figura 15: Bicheiras na concretagem.....	41
Figura 16: Classificação de fissuras .....	43
Figura 17: Tipos de fissuras .....	44
Figura 18: Etapas de recuperação de concreto armado com corrosão.....	46
Figura 19: Recuperação de fissuras pelo método de bandagem .....	48
Figura 20: Fluxograma metodológico .....	51
Figura 21: Localização da residência .....	52
Figura 22: Fachada da residência .....	53
Figura 23: Pilar com ninhos de concretagem e armadura exposta .....	54
Figura 24: Segregação profunda na viga e pilar.....	55
Figura 25: Armadura exposta e segregação .....	56
Figura 26: Pilar com vazio e armadura exposta .....	56
Figura 27: Piso com umidade.....	57
Figura 28: Fissuras Horizontais e segregação .....	57

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2:Manifestações patológicas identificadas na edificação estudada.....	54
------------------------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resistência a compressão com fator água/cimento.....	19
Gráfico 2: Resistência do concreto em função do índice de vazio .....	23
Gráfico 3: Resistência a compressão x idade .....	25

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**NBR:** Norma Técnica Brasileira

**NM:** Norma elaborada no âmbito de 4 países membros da Associação Mercosul de Normalização: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
3.1 Controle tecnológico do concreto .....	17
3.1.1 Materiais .....	17
3.1.2 Produção .....	19
3.1.3 Transporte .....	19
3.1.4 Lançamento .....	20
3.1.5 Adensamento.....	22
3.1.6 Cura .....	23
3.1.7 Ensaios.....	25
3.2 Patologias .....	28
3.2.1 Diagnóstico .....	29
3.2.1.1 Ultrassom.....	30
3.2.1.2 Esclerometria .....	31
3.2.1.3 Avaliação de carbonatação.....	33
3.2.1.4 Ensaio destrutivo.....	34
3.3 Patologias em concreto armado .....	35
3.3.1 Armadura .....	36
3.3.2 Segregação .....	40
3.3.3 Aberturas .....	42
3.4 Recuperação de patologias em concreto armado .....	45
3.4.1 Armadura exposta .....	45

3.4.2	Aberturas .....	47
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.2	Vistoria no local .....	52
4.3	Anamnese.....	53
4.4	Vistoria local .....	53
4.5	Diagnóstico .....	59
4.6	Terapia.....	59
4.7	Medidas profiláticas para obras futuras .....	60
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

## 1 Introdução

As alterações estruturais ou funcionais encontradas nas edificações são causadas por doenças que provocam a deterioração dos materiais e de suas propriedades. Essas doenças são denominadas como manifestações patológicas. Sendo a área do conhecimento a qual se dedica a investigar essas manifestações, conhecida como patologia. Manifestações patológicas podem interferir no desempenho da estrutura em termos de estabilidade, estética, funcionalidade e durabilidade (IANTAS,2010).

Estruturas de concreto armado são o tipo predominante no Brasil. Nelas, amplo espectro de manifestações patológicas pode ser observado, tais como oxidação de armaduras e aberturas. Diante do amplo emprego desse sistema estrutural e do impacto das patologias nessa tipologia estrutural, é fundamental compreender e examiná-las tanto no âmbito acadêmico quanto profissional, indicando a necessidade e forma de implementar medidas apropriadas para recuperação e prevenção de manifestações patológicas em estruturas de concreto.

Sendo o presente estudo das causas e origens das manifestações patológicas, ao longo do trabalho será proposto formas de recuperação a ser empregada na edificação em análise, alcançando e garantindo que a estrutura desempenhe as funções pelas quais foi projetada. Através do diagnóstico serão empregados os meios para identificar e avaliar a extensão das patologias e em seguida, decidir o melhor método com base em técnicas já existentes de tratamento que poderão ser aplicados para prevenir que essas anomalias voltem a ocorrer, garantindo a integridade e a segurança da construção, além disso, será proposto medidas de prevenções para que tais manifestações não ocorram em outras obras.

A exposição às condições naturais (processo natural de desgaste), a utilização de materiais de baixa qualidade, falta de manutenções preventivas e execução mal feita são agentes causadores de manifestações patológicas. Eles podem levar a alterações estruturais, resultando na redução da capacidade de suportar as condições para as quais as estruturas de concreto foram projetadas.

Além disso, a falta de capacitação dos profissionais responsáveis pela execução, pode resultar também em manifestações patológicas. Reduzindo significativamente a vida útil da edificação.

## **2 Objetivos**

### **Gerais**

Esse trabalho tem como objetivo geral avaliar as patologias existentes em uma edificação no município de Capitólio-MG.

### **Específicos**

- Diagnosticar as patologias nas estruturas de concreto armado.
- Propor medidas de terapia para as patologias diagnosticadas.
- Indicar medidas profiláticas que podem ser empregadas em outras obras para evitar as patologias diagnosticadas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste referencial, será discutido o controle tecnológico do concreto, as patologias que podem afetar as estruturas de concreto armado, examinando o diagnóstico dessas manifestações, por meio de ensaios e técnicas de recuperação para peças de concreto. Este referencial tem como objetivo fornecer subsídio para avaliação do estudo de caso a qual se propõe esse trabalho.

#### 3.1 Controle tecnológico do concreto

Um dos materiais mais empregados na construção civil é o concreto por possuir uma grande resistência em seu estado endurecido e propriedades de trabalhabilidade em seu estado fresco. Trata-se de um material complexo, tendo como composição água, cimento, agregados graúdos e miúdos, aditivos e adições minerais que quando envolvidos, dão origem a um material fluido em seu estado fresco e resistente em seu estado endurecido. É a qualidade, durabilidade e a quantidade dos materiais, assim como seu emprego, que define o resultado da sua resistência à compressão e consistência. Para certificar tais características deste material, é empregado o controle tecnológico (NEVILLE, 2016).

Compõem esse controle os cuidados com os materiais, produção, transporte, lançamento, adensamento e cura das peças de concretos. Além disso, alguns ensaios são rotineiramente empregados, como avaliação da qualidade do concreto da resistência a compressão, *slump test* e tração na flexão.

Segundo Recena e Pereira (2011), no contexto dessa supervisão do concreto como material endurecido, a resistência à compressão não deve ser o único aspecto a ser considerado, pois é abrangente e envolve diferentes aspectos relevantes a serem considerados. No entanto, é inegável a importância dessa avaliação, uma vez que a resistência à compressão do concreto desempenha um papel fundamental tanto no concreto produzido nas obras como nas Centrais Dosadoras de Concreto (CDCs).

##### 3.1.1 Materiais

Obrigatoriamente um efetivo controle tecnológico de concretos passa pelo controle dos materiais. A composição tradicional dos concretos utiliza cimento, agregados e água em uma mistura homogênea. No entanto, muitas vezes, os traços utilizam também aditivos, que são componentes adicionados ao longo da mistura do concreto, que garantem um aumento da resistência, redução do calor de hidratação e melhor trabalhabilidade (ANDOLFATO, 2002).

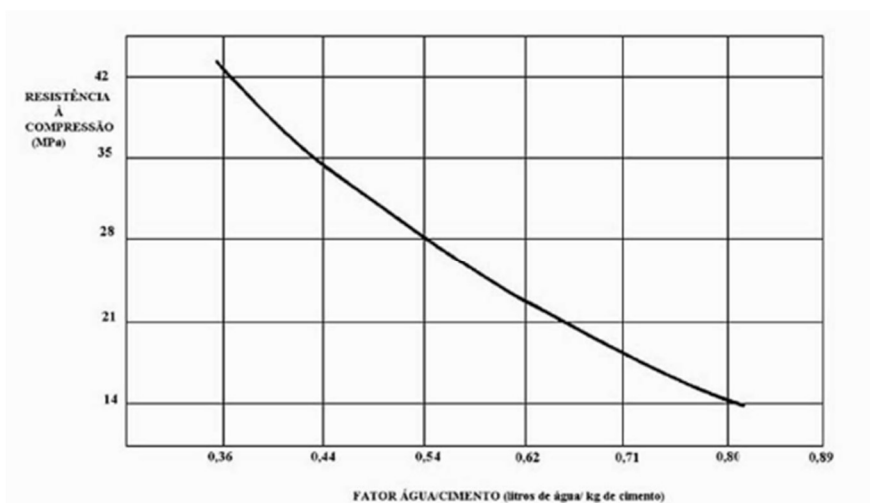
Tradicionalmente o concreto é constituído por cerca de 75% de agregados, formados por pequenas partículas resistentes e duras livres de componentes deletérios (argila, silte, sais, mica matéria orgânica entre outros).

O cimento é amplamente empregado na construção civil e possui o clínquer como componente principal de sua composição. Quando combinado com materiais como gesso, argila pozzolânica, calcário e outros, e em contato com água, ocorre uma reação química que assegura sua resistência. Dentre os principais tipos de cimento Portland, destacam-se o comum (CPI), o composto (CPII), o de alto-forno (CPIII), o pozzolânico (CPIV) e o de alta resistência inicial (CPV), (MOREIRA 2016).

O controle da água se faz importante, pois, ela reage de forma química com o cimento e garante uma mistura mais fácil de ser trabalhada, facilitando o transporte, lançamento e adensamento. Exceder a quantidade de água na mistura pode deixar canais capilares e bolhas, além de diminuir a sua resistência devido ao grande número de vazios. No entanto, eles sempre irão existir, porque para se ter a hidratação do cimento é preciso fazer o uso da água de forma dosada (YAZIGI, 2009).

Conforme discutido, o fator água/cimento impacta a resistência final do concreto, como ilustrado no Gráfico 1. Além disso, o emprego de águas não potáveis ou com presença de cloretos na estrutura pode desenvolver manifestações patológicas graves, favorecendo a instalação e o desenvolvimento do processo de corrosão das armaduras (SOUZA; RIPPER, 1998).

Gráfico 1: Resistência à compressão com fator água/cimento



Fonte: Souza e Ripper, 1998

Desse modo, a água utilizada na produção do concreto deve ser água potável, livre de substâncias tóxicas, armazenada em locais apropriados para que não haja a contaminação.

### 3.1.2 Produção

Após a seleção e correta dosagem dos materiais, procede-se a produção do concreto. Esta etapa deve ser realizada em uma superfície plana e firme, misturando o cimento e os agregados (grãos e miúdos) a seco, logo depois é adicionada a água, de modo com que a massa adquira uniformidade. Para a mistura manual, não poderá ser produzido um volume de concreto excedente a 100 kg de cimento por vez (BAUER,2000). Após a mistura, o material é transportado e lançado nas formas, onde será adensado e curado.

### 3.1.3 Transporte

O cuidado com o concreto no transporte, lançamento e no adensamento é de suma importância, pois sendo feito de forma inadequada irá provocar a segregação entre os agregados (grão e argamassa), além de provocar a formação de ninhos em cavidades do concreto. Segundo a NBR 14931 (2004), sempre que possível o transporte deve conceder o lançamento direto do concreto nas fôrmas, pois, com isso, se evita o uso de depósitos intermediários. Caso eles sejam necessários, é importante

que o manuseio do concreto seja feito de forma cuidadosa de modo a evitar a segregação.

Durante o transporte do concreto, grandes intervalos de tempo entre a aplicação de uma camada e outra pode gerar juntas de concretagem não planejada, o que pode resultar na perda de aderência e concentração de tensões em sua superfície. Por isso, é fundamental garantir que o transporte do concreto seja conduzido de forma cuidadosa, evitando a perda de materiais e a separação dos mesmos (SOUZA; RIPPER, 1998).

Segundo Pitta (1998), os tipos de veículos utilizados no transporte do concreto podem causar alterações mecânicas (segregação de materiais), decorrente da vibração do transporte, alterações físicas (evaporação da água) ou química (início de pega do concreto) decorrente do tempo entre o amassamento do concreto e início de concretagem. Para garantir a homogeneidade dos materiais e evitar a segregação, é recomendável o uso de caminhão basculante do tipo *dumpcrete* (Figura 5), o qual possui um formato apropriado e chicanas internas. O caminhão-betoneira também é uma opção viável para locais mais próximos. No entanto, caminhões basculantes comuns não devem ser utilizados em concreto com baixo teor de agregado graúdo ou quando estiverem úmidos.

Figura 1: Caminhão basculante do tipo *dumpcrete*



Fonte: Maxon,2018.

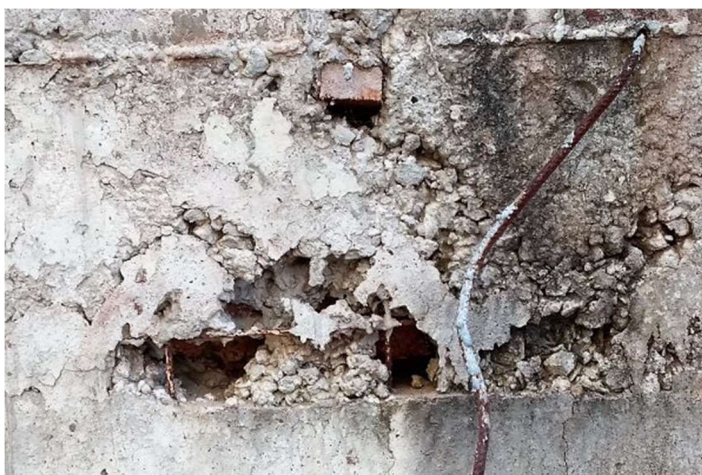
#### 3.1.4 Lançamento

De acordo com Cintra *et al.* (2013), é recomendado que o lançamento seja realizado o mais próximo de sua posição final e que as camadas de concreto sejam bem compactadas, de modo que a vibração não movimente o concreto lateralmente.

De acordo com a norma NBR 14931 (2004) o concreto não deve ser lançado de altura superior a 2 metros. Em caso de paredes ou pilares, as 04 (quatro) camadas iniciais devem ser lançadas por tubos entre 100 a 150 mm de diâmetro, evitando a perda de argamassa e a desagregação devido ao impacto sofrido no fundo.

Souza e Ripper (1998) afirmam que a má execução do lançamento pode resultar no deslocamento das armaduras e dos chumbadores fixados nas peças da estrutura. Além disso, a segregação do concreto (figura 6) ocorre quando uma nova massa é lançada sobre uma superfície já endurecida, e o ângulo de inclinação no momento do lançamento pode levar ao acúmulo de água exsudada, propiciando o surgimento de pontos de corrosão e tornando a estrutura mais vulnerável.

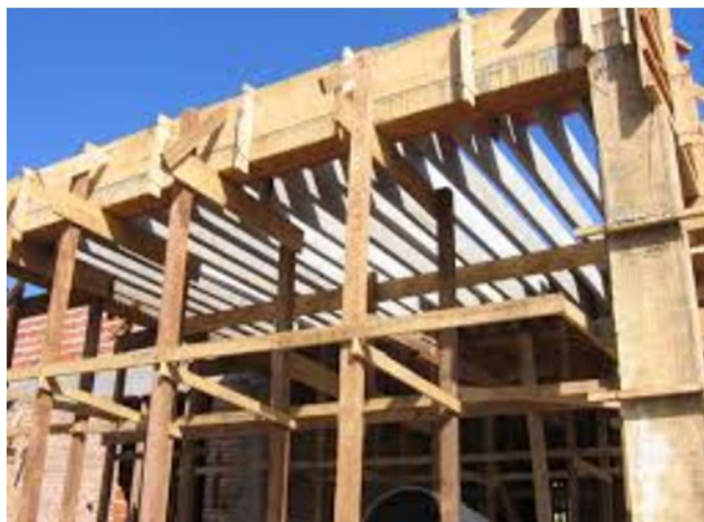
Figura 2: Segregação do concreto



Fonte: Ecivil net,2022.

O lançamento é feito nas fôrmas, que de acordo com Fajersztajn (1987), constitui um sistema, composto pela estrutura do molde, que oferece sustentação e trava o molde para evitar deformações decorrentes dos esforços gerados pela armação e concretagem (figura 4). Esse sistema é formado por sarrafos que se acoplam em painéis, gravatas, além do próprio molde, que tem a função de definir o formato e a textura de cada peça e está em contato direto com o concreto. O molde é formado por painéis de lajes, faces de pilares, fundos e faces de vigas. O sistema de fôrmas também inclui o escoramento, que oferece sustentação à estrutura do molde e transmite os esforços para um local específico ou para a própria estrutura de concreto, ele é composto por pontaletes, guias e pés-direitos.

Figura 3: Função de fôrmas



Fonte: Natumol, 2018re.

### 3.1.5 Adensamento

Estando a mistura lançada no sistema de formas, é realizado adensamento. Um dos métodos de adensamentos amplamente empregado é a vibração. Nessa técnica se submete o concreto fresco a rápidos impulsos que dissolvem a argamassa utilizando a água disponível na própria massa, de modo a reduzir o atrito interno entre as partículas da mistura e promove a saída de ar. Existem dois tipos de vibração, a interna (imersão), na qual o vibrador é imerso dentro do concreto, propagando ondas até a superfície e a externa (mesas vibratórias, vibradores de parede de forma, rolo vibratório entre outros), a qual é feita superficialmente de modo com que as ondas se desloquem para o interior da massa (CINTRA *et al*, 2013).

A norma NBR 14931 (2004) estabelece que na utilização de vibradores por imersão, a camada deve ter espessura aproximada a  $3/4$  do comprimento da agulha, o vibrador deve estar inserido a 10 cm na camada interior e recomenda-se a que o vibrador esteja na vertical (Figura 7).

Figura 4: Adensamento do concreto com vibrador de imersão

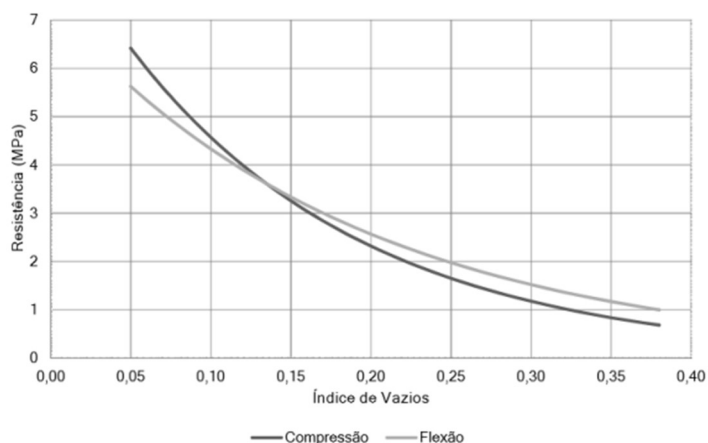


Fonte: ABNT NBR 14931(2004)

É importante ressaltar ainda que, segundo Cintra *et al* (2013), a vibração em excesso causa a segregação do concreto, comprometendo a qualidade e a durabilidade deste, pois a tendência é que o agregado de maior densidade (graúdo) se separe da argamassa.

No entanto a falta de vibração produz um concreto com mais vazios o que impacta diretamente na resistência (gráfico 2).

Gráfico 2: Resistência do concreto em função do índice de vazio



Fonte: Adaptado de DELATTE *et al.* (2009).

### 3.1.6 Cura

De acordo com a NBR 14931 (ABNT, 2004) os elementos estruturais devem ser curados de forma com que a resistência característica à compressão seja maior ou idêntica a 15 MPa. Bardella, Barbosa e Camarini (2005), afirmam que a cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o melhor desempenho possível, visto que reduz a sua porosidade e aumenta a vida útil das estruturas.

Silva (1995) diz que a função da cura é garantir que o concreto mantenha a sua saturação, de modo a evitar que isso ocorra antes de que os espaços preenchidos por água sejam diminuídos da relação água/cimento. Sabe-se que a cura em água faz com que haja a redução e retração da peça na fase em que o concreto se encontra com baixa resistência, preservando para a não formação de fissuras de retração a qual implica na impermeabilidade do concreto. (BAUER, 2001, p. 384). A cura pode ser feita por alguns métodos, sendo as mais relevantes: úmida, submersa, química e térmica.

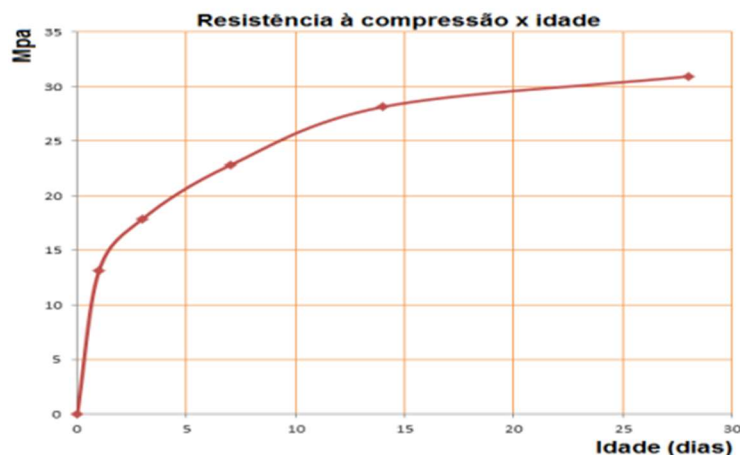
A cura úmida é realizada por meio de molhagem de forma contínua, submersão e imersão. Nesse tipo de cura a verificação a temperatura da água é muito importante, pois assim evita a ocorrência de tensões térmicas (ANVAR, 2005). A cura submersa não é comumente utilizada, devido a sua dificuldade de aplicação prática nas obras, no entanto esse é o método utilizado para curar corpos de prova para ensaios como o de resistência a compressão. Quanto a imersão ela é feita por imersão da água de superfície logo depois do adensamento, não pode haver uma variação de temperatura superior à do concreto, pois ocasionará a ocorrência de fissuras (BAUER, 1991).

Thomaz (1989) afirma que em situações em que não possua água para a cura, deve-se utilizar a cura química. Essa medida é recomendada para estruturas como paredes de contenção com altura elevada, barragens, superestruturas de obras de arte, canais com paredes verticais ou inclinadas, dentre outras situações. Sua caracterização se dá pelo uso de emulsões aquosas à base de resinas compostas ou sintéticas e hidrocarbonetos parafínicos, que são utilizados após a desforma do concreto ou na inexistência de água livre na superfície (ANVAR, 2005).

Já a cura térmica é utilizada afim de obter maiores resistências mecânicas nas primeiras idades. Ela reduz a área destinada a cura e os estoques em indústrias de pré-moldados, reduzindo prazos de entrega e sendo possível a utilização das peças em curto período de tempo (SANTOS *et al* 2012).

Em relação ao tempo de cura, Bauer (2001, p. 260) afirma que “as propriedades do concreto serão melhores quanto mais lenta for a cura”. O tempo mínimo de cura que atende em termos de qualidade e economia são em média de 7 a 10 dias (gráfico 3) (COUTINHO, 1971 apud BAUER, 2001).

Gráfico 3: Resistência a compressão x idade



Fonte: DA SILVA, (2018).

### 3.1.7 Ensaios

Avaliação do concreto em seu estado fresco e endurecido é feito por meio de ensaios. No caso do estado fresco antes do seu lançamento e no caso de ensaios no estado endurecido, são colhidas amostras antes do lançamento para moldagem de corpos de prova que são curados e avaliados quanto a propriedades mecânicas, como a resistência a compressão (NBR NM 67, 1998)

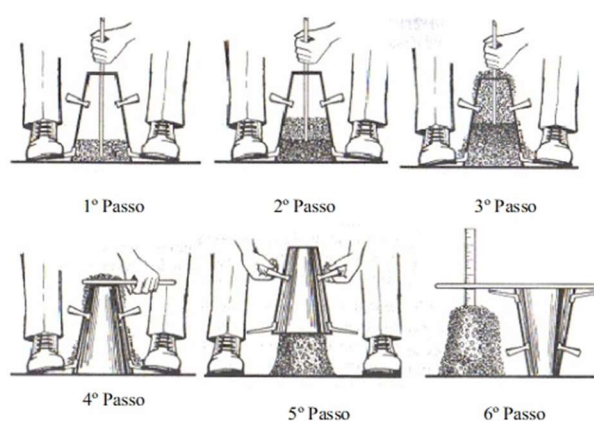
Para identificar a consistência do concreto antes de realizar a concretagem em um elemento estrutural, é realizado um ensaio de *slump test*, conhecido como abatimento do tronco de cone. Nele é utilizada uma pequena amostra dentro de um cone de metal com três camadas iguais de concreto fresco. O ensaio é recomendado para concretos com abatimentos variando entre 25 mm e 175 mm, genericamente quanto maior for o *slump* do concreto, melhor será o adensamento e a trabalhabilidade. No entanto é válido ressaltar que concretos com mesmo abatimento ou mesma fluidez poderão apresentar diferentes trabalhabilidades (YEN *et al.*, 1999). Segundo a NBR NM 67, (1998) o ensaio completo desde o preenchimento do molde com concreto até a sua retirada (sem interrupção) deve durar cerca de 2 min e 30 segundos.

Seguindo as diretrizes estabelecidas na NBR 16889 (2020), o procedimento para realizar o ensaio de *slump test* consiste nas seguintes etapas (FIGURA 2): primeiramente deve-se posicionar a placa de base em uma superfície plana e, em seguida, umedecer tanto a placa quanto o molde antes de colocá-lo sobre a placa. Em seguida, encher o cone com concreto em três camadas de espessura

igual, utilizando uma concha para auxiliar nesse processo. Durante o preenchimento, o operário deve segurar firmemente o cone. Em seguida, aplicam-se 25 golpes uniformes com uma haste de metal em cada camada para adensar o concreto. Os golpes devem ser distribuídos de maneira uniforme. Na última camada, remove-se todo o excesso de concreto e nivela-se a superfície. Por fim, retira-se o molde cuidadosamente e perpendicularmente, evitando movimentos bruscos, e faz a medida da diferença de altura entre o corpo de prova e o molde.

No caso de colapso do corpo de prova durante o ensaio, será necessário repetir o procedimento com uma nova amostra. Se houver uma diferença considerável no abatimento, é recomendável considerar a alteração na composição do concreto (traço).

Figura 5: Ensaio de *slump test*



Fonte: Clube do concreto 2010.

Quanto ao ensaio de resistência a compressão, a norma ABNT NBR 5739/07 estabelece que para o ensaio do corpo de prova, o cilindro deve ser colocado de forma centralizada, com seu eixo alinhado ao da máquina, de modo que a força resultante passe pelo centro e seja contínua e livre de impactos (FIGURA 1). A aplicação da força axial pode resultar em fraturas ou flambagem, sendo essencial manter os corpos de prova em condições de cura úmida ou saturada até a realização do ensaio. Segundo a NBR 12655 (2006), quando se trata de amostragens parciais para concreto com resistência de até 50 MPA, é necessário coletar no mínimo 6 amostras, sendo duas amostras de cada amassamento.

Figura 6: Ensaio de compressão



Fonte: ADNORMAS, 2020.

De acordo com a norma NM 33, a coleta de amostras para o ensaio não destrutivo ocorre durante a descarga do concreto, após a retirada de 15% e antes de atingir 85% do volume total. Segundo a NBR 5738 (2015) essas amostras são utilizadas para moldar corpos de prova em fôrmas metálicas cilíndricas de 100 mm de diâmetro e 200 mm de altura. É importante adensar adequadamente as amostras durante o processo de moldagem, a fim de evitar a formação de vazios internos. Após a moldagem, os corpos de prova passam por um período de cura de 28 dias. Nas primeiras 24 horas, eles permanecem dentro das fôrmas e, em seguida, são desmoldados e imersos em um tanque contendo água e cal por mais 27 dias. Após essa etapa, os corpos de prova estão prontos para serem submetidos ao ensaio de compressão para verificação da sua resistência.

Conforme relatado acima, a resistência a compressão é impactada pelos materiais. Para atingir um nível desejado de resistência, é essencial selecionar o cimento apropriado, considerando sua granulometria e composição química específica, além de avaliar as características dos agregados, como textura, tamanho e permeabilidade, e utilizar aditivos quando necessário. É importante destacar que a evaporação precoce da água de mistura antes da completa hidratação do cimento afeta a resistência do concreto (NASCIMENTO, 2012), daí a importância da cura, já discutida nesta seção.

A realização de outros ensaios que verifiquem as propriedades do concreto endurecido, como o de tração na flexão, podem ser avaliações relevantes em situações específicas. Nesse ensaio, segundo a ABNT NBR 12142 2010 na avaliação

de tração na flexão (figura 3) é aplicado uma força perpendicular na face superior do corpo de prova. Os elementos de apoio e de aplicação da força possuem forma cilíndrica, sendo a força aplicada contínua e sem choque, de forma que a progressão da tensão sobre o corpo de prova esteja em um intervalo de 0,9 Mpa/min a 1,2 Mpa/min.

Figura 7: Ensaio de tração na flexão



Fonte: Ars Aedificativa, 2021.

### 3.2 Patologias

Degussa (2008) definiu patologia como uma área da engenharia que investiga de forma sistemática e sequencial os problemas que ocorrem em construções, analisando suas origens e causas, propondo soluções para esses problemas. Isso inclui problemas comuns, bem como aqueles que surgem naturalmente devido ao envelhecimento das estruturas.

Estas patologias são defeitos que podem acabar comprometendo o desempenho das funções para as quais foi planejada, como também são oriundas de trabalhos maus feitos, de uso de materiais de péssima qualidade ou até mesmo pela mão de obra desqualificada (AMBRÓSIO, 2013, p, 211).

Souza e Ripper (1998) classificam os problemas patológicos em simples ou complexos, dependendo da análise realizada para o diagnóstico e a profilaxia desses problemas.

Já as manifestações patológicas são um processo de deterioração resultante de uma série de fatores que podem ser classificados com base na identificação, sintomas e na etapa do processo produtivo em que ocorrem (OLIVEIRA, 2019).

Ao falar de manifestações patológicas é essencial caracterizar a manifestação, a causa, a natureza e a origem dessa patologia. A manifestação é entendida como o sintoma visível da patologia. Já a causa é compreendida como a razão primária daquela manifestação, sendo apresentada como uma justificativa evidente para o surgimento da manifestação patológica. A natureza também é uma razão, mas secundária, ligada aos aspectos produtivos. E, por fim, a origem pode ser congênita, quando está situada na fase de projetos, construtiva quando na fase de execução, adquirida quando provocada pela agressividade do meio e acidental quando gerada por fenômenos atípicos. Essas informações contribuem na construção do diagnóstico. Após o diagnóstico, é necessário realizar intervenções propícias para recuperar, reparar e reforçar a estrutura, também conhecida como terapia. Através dela será possível encontrar a melhor solução para curar/tratar as patologias, este método deve ser empregado também quando a profilaxia (medidas preventivas para o não aparecimento de problemas patológicos) não tiver sido realizada (FLORIANI, 2016).

Estudos evidenciam que uma parcela significativa dos problemas patológicos encontrados em edificações tem origem na fase de planejamento e projeto. Tais falhas costumam ser mais graves do que aquelas relacionadas à qualidade dos materiais e aos métodos construtivos utilizados (OLIVEIRA, 2019).

Conforme diz Hirt (2014), com o surgimento de manifestações patológicas em uma edificação, o problema tende a se agravar rapidamente, gerando outras complicações. Por essa razão, é fundamental compreender todas as partes do problema para que o diagnóstico e o tratamento possam ser realizados de forma ágil e adequada.

### **3.2.1 Diagnóstico**

O diagnóstico é considerado uma das fases mais importantes do processo, pois é através dele que se identifica os danos de uma estrutura, sejam elas simples ou complexas.

Broomfield (1997) diz que é essencial realizar uma inspeção visual inicial antes de avaliar as estruturas por meio de ensaios. Essa inspeção pode envolver o uso de fotografias e mapeamento de fissuras. É importante correlacionar os dados obtidos para formar um quadro patológico abrangente, o que facilita a formulação de hipóteses e eliminação das que não correspondem ao caso em questão.

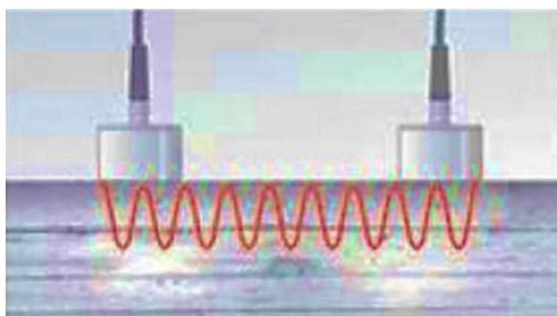
Dessa forma, inspecionar, realizar avaliações e diagnósticos das manifestações patológicas regularmente é essencial para garantir a eficácia das ações de manutenção e reabilitação da obra, assegurando a qualidade e durabilidade ao longo do tempo (GRANATO,2002).

Quanto aos ensaios que objetivam ajudar a compor o quadro da patologia em estudo, há vários tipos que podem ser aplicáveis à fase de diagnóstico. A seguir elencam-se alguns.

### 3.2.1.1 Ultrassom

A velocidade de disseminação de ondas ultrassônicas se fundamenta em avaliar a velocidade de transmissão entre dois pontos definidos da superfície de um objeto de concreto. A velocidade de propagação do pulso ultrassônico, que é inversamente proporcional ao tempo ideal para que a onda ultrassônica percorra a estrutura interna, é registrada pelo aparelho de ultrassom do corpo de prova do concreto, esta permite uma aproximação das condições e avaliação da estrutura de concreto existente (SAHUINCO, 2011).

Figura 8: Propagação do pulso ultrassônico entre transdutores em um corpo de prova



Fonte: Escobar 2008.

Segundo a NBR 8802:2013, a transmissão do pulso ultrassônico através da amostra de concreto pode ser realizada de três maneiras distintas, de acordo com

o modo em que as faces dos transdutores são posicionadas no material. A primeira delas é a transmissão direta, onde os transdutores são fixados em faces opostas e o pulso ultrassônico se desloca em linha reta entre os dois transdutores. Na semi-direta e indireta a transmissão do pulso não é feita em linha reta. O que difere a transmissão semi-direta da transmissão indireta é que, na segunda opção, ambos os transdutores são instalados na mesma face do elemento estrutural avaliado, enquanto na semi-direta, eles são alocados em faces adjacentes.

A transmissão semi-direta é uma alternativa indicada quando a transmissão direta for ineficaz, como em casos de pilares ou vigas na qual se deseja evitar a região em que se encontra a armadura, pois a velocidade de propagação de ondas ultrassônicas no aço é de 40% menor em relação à do concreto (MENDES, 2013).

Segundo Machado (2005), a transmissão indireta é a menos indicada, pois o valor da velocidade depende apenas do concreto próximo à superfície, o qual pode ter uma composição diferente daquele presente nas camadas mais profundas tornando os resultados diferente do esperado. Essa forma de transmissão deve ser empregada apenas quando há acesso a uma das faces do elemento estrutural, como em pavimentos de concreto ou tabuleiros de pontes, sendo necessário um procedimento específico para determinar a velocidade de propagação da onda ultrassônica.

### **3.2.1.2 Esclerometria**

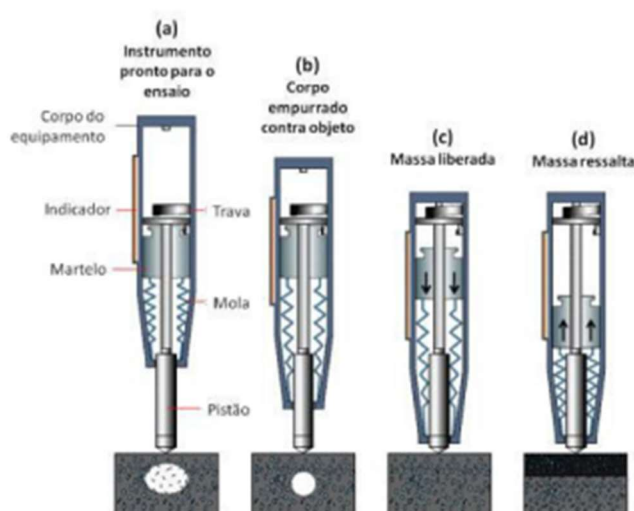
O ensaio de esclerometria é uma técnica que pode ser utilizada para estimar a dureza do concreto, permitindo também a estimativa da resistência do concreto em estado endurecido, seja em peças recentemente concretadas ou em peças antigas. A dureza é a capacidade do material de resistir a riscos, deformações plásticas, cortes, absorção de energia de um impacto e desgaste (MENDES, 2013).

O ensaio é realizado por meio de um aparelho que se assemelha a um martelo, controlado por uma mola e operado manualmente. Para avaliar a dureza superficial do concreto, o operador deve exercer pressão sobre o pistão que é contraposto por uma força reativa da estrutura e quando esta alcança sua máxima extensão, é automaticamente liberada. A colisão do martelo com o êmbolo age contra a superfície do concreto, o que faz com que a massa controlada pela mola retroceda,

deslizando um ponteiro de arraste ao longo de uma escala guia, que indica o valor da flexão do martelo (CASTRO, 2009).

Segundo a ABNT 7584:(2012) durante a execução do ensaio esclerométrico, uma parcela da energia de impacto é absorvida pela deformação permanente na área ensaiada, enquanto outra parte é conservada elasticamente, permitindo que o martelo retorne após o impacto. Quanto mais dura for a superfície ensaiada, menor será a quantidade de energia convertida em deformação permanente e maior será o recuo ou reflexão do martelo.

Figura 9: Ensaio esclerométrico



Fonte: Pereira, (2012).

Através desse ensaio é possível estimar a resistência do concreto através das curvas de calibração fornecidas pelo fabricante do equipamento. Contudo, vale ressaltar que os materiais utilizados para criar as curvas de correlação do fabricante não necessariamente correspondem ao concreto utilizado em construções brasileiras, que são moldados de acordo com as demandas, materiais e requisitos locais (MENDES, 2013).

Além disso, é importante ressaltar que alguns fatores podem interferir nos resultados do ensaio esclerométrico, os quais estão relacionados ao ambiente e às condições da estrutura em questão. Conforme estabelecido pela NBR 7584:2012, é recomendado evitar locais com superfícies irregulares, ásperas ou curvadas, pois tais características podem comprometer a homogeneidade dos valores obtidos. Outro

ponto a ser evitado, são as superfícies úmidas ou carbonatadas, pois também podem afetar os resultados do ensaio.

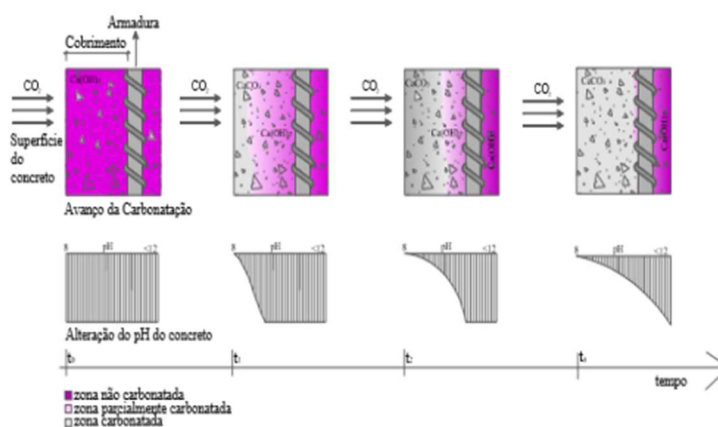
### 3.2.1.3 Avaliação de carbonatação

Para analisar a carbonatação em estruturas de concreto, existem diversas técnicas laboratoriais disponíveis, sendo uma delas comumente utilizada a qual envolve a aplicação de fenolftaleína diluída em álcool sobre a superfície exposta do concreto armado. Nesse método, o hidróxido de cálcio livre reage com a fenolftaleína, resultando em uma coloração rosa, enquanto as áreas já carbonatadas permanecem sem cor (FERREIRA, 2000).

Segundo Amorim (2010), é necessário ter cuidado ao coletar a amostra para análise, evitando serrá-la ou molhá-la, sendo a forma ideal de obtê-la por meio de quebra. Além disso, a limpeza da área de teste é essencial, uma vez que visa remover a poeira e o concreto solto

Possan (2010) explica que é possível identificar três zonas distintas na estrutura de concreto: uma carbonatada com pH abaixo de 8,5, outra parcialmente carbonatada com pH aproximadamente em 10 e por último uma não carbonatada, com pH maior que 12,5. Na figura 10 ele apresenta a mudança de pH durante o processo de carbonatação em estruturas de concreto, auxiliando no estudo da vida útil desses elementos.

Figura 10: Frente de carbonatação e alteração do Ph do concreto



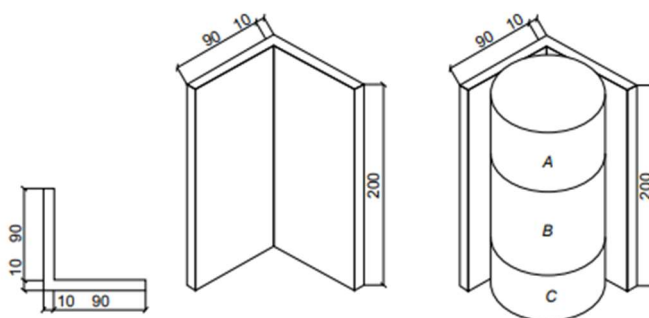
Fonte: Possan, 2010.

### 3.2.1.4 Ensaio destrutivo

Conforme estabelecido pela NBR 7680:2015, é recomendado realizar o planejamento da extração de amostras (ensaio destrutivo) de estruturas já construídas, caso não seja alcançada a resistência característica à compressão do concreto a partir dos resultados negativos dos corpos de prova moldados. A técnica envolve a retirada de amostras cilíndricas de concreto da estrutura para avaliar a resistência e desempenho, conforme descrito por (CASTRO,2009).

Ainda de acordo com a NBR 7680-1:2015, os testemunhos extraídos devem ter formato cilíndrico para a confecção dos corpos de prova. Existem quatro tipos de testemunhos, sendo o tipo I e II com diâmetro de 150 mm, e o tipo III e IV com diâmetro de 100 mm. Além disso, é necessário respeitar a relação altura/diâmetro igual a 2,0 durante a montagem dos cilindros conforme apresentado na figura 11.

Figura 11: Exemplo de guia metálica para montagem de corpo de prova



Fonte: ABNT NBR 7680, 2015.

A fim de assegurar a integridade estrutural e a durabilidade esperada da construção, é imprescindível proceder ao fechamento adequado e à restauração devida de todas as áreas em que foram realizadas as extrações de testemunhos de concreto. Essa restauração deve ser feita de maneira ágil, visando recuperar a região afetada pelo furo e evitar a exposição da estrutura a agentes nocivos presentes no ambiente (NBR 7680, 2015).

Segundo Medeiros et al. (2017) e Vieira Filho (2007) o processo de extração de testemunhos pode disponibilizar outras informações como: avaliação da qualidade do concreto, medição do teor de cloretos, verificação da homogeneidade e

aderência das armaduras, entre outras. No entanto, a execução dessa técnica apresenta algumas desvantagens a serem consideradas, como a presença de barras de aço próximas à superfície do testemunho, a necessidade de remoção de peças de suporte, a geração de resíduos e outros fatores que podem gerar custos adicionais à obra, bem como a necessidade de reparação de danos causados à estrutura durante o processo (SANTANA; MIRANDA, 2016).

### **3.3 Patologias em concreto armado**

A fase de execução da obra, pode ser a etapa responsável pelo surgimento de vários tipos de manifestações patológicas que ocorrem devido a utilização de materiais inadequados, ou ainda, pelos métodos construtivos como (incompatibilização de projetos e erros de leitura de projetos. Além disso, o uso também pode ser responsável pelo surgimento de patologias devido a ações ambientais (umidade e variações climáticas), o passar do tempo e utilização ou abandono da edificação (SILVEIRA *et al*, 2002).

Segundo a C.E.B. (Comitê Euro-Internacional do Concreto) no referido Boletim 183, item 10.2, a carência da mão de obra de operários durante a execução da obra é apontada como fator principal das estruturas não possuírem um bom desempenho e uma vida útil longa. Souza e Ripper (2009) explicam o quanto é essencial que o engenheiro responsável esteja atento à qualidade em todas as etapas da construção, não apenas na execução. A falta de organização, planejamento e segurança comprometerá toda a estrutura. Portanto, é fundamental que a equipe seja devidamente qualificada para acompanhar e executar todos os serviços. A ausência de fiscalização e liderança adequadas por parte de profissionais não capacitados, mestres de obras ou engenheiros pode resultar em erros graves, como posicionamento inadequado de escoramentos, quantidade incorreta de armaduras e colocação inadequada, falta de verificação de fôrmas e problemas na qualidade do concreto, entre outros (SOUZA; RIPPER, 2009).

Conseqüentemente, devido a esses erros, o surgimento de manifestações patológicas é inevitável e pode ocorrer de forma simples ou complexa. As manifestações simples são aquelas que podem ser resolvidas e verificadas, sendo mais evidentes ao olho nu, como o diagnóstico e o tratamento delas. Já as mais complexas demandam uma análise de diagnóstico, tratamento e inspeção bem

criteriosa e detalhada (SOUZA; RIPPER,1998). Alguns tipos dessas manifestações podem ser a exposição e corrosão da armadura, carbonatação, trincas, fissuras, bicheiras, rachaduras e infiltrações.

### 3.3.1 Armadura

A proteção dessas armaduras depende principalmente da espessura de cobertura do concreto, atuando como uma barreira física entre as armaduras, o meio corrosivo e agressivo, impedindo a penetração da frente de carbonatação até as armaduras (BASTOS,2006). Essa proteção depende tanto da qualidade do concreto, que oferece proteção física e química, quanto de uma camada com espessura suficiente. O cobertura deve proporcionar proteção a todas as barras de armadura, incluindo estribos e armaduras secundárias. A medida do cobertura deve ser feita da face externa da estrutura até a barra mais próxima (TAKATA, 2009).

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, o cobertura mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado. Para garantir o cobertura mínimo ( $C_{mín}$ ), o projeto e a execução devem considerar o cobertura nominal ( $C_{nom}$ ), que é o cobertura mínimo acrescido da tolerância de execução ( $\Delta c$ ).

Segundo Angst *et al.* (2020), a falta de espaçadores ou o uso inadequado dos mesmos durante a execução do concreto pode resultar em camadas de recobrimento insuficientes. Esses espaçadores possuem as dimensões das armaduras que devem respeitar os cobrimentos nominais. O valor de ( $\Delta c$ ) deve ser maior ou igual a 10mm, podendo ser diminuído para 5 mm em casos que "houver um controle de qualidade e limites rígidos de tolerância da variabilidade das medidas de execução de estruturas de concreto", conforme indica a NBR 6118:2014.

Quando a espessura do cobertura é insuficiente em relação ao ambiente agressivo, ocorrem falhas (figura 12) com o passar do tempo, causando o deslocamento do concreto, exposição da armadura, intensa fissuração, perda das armaduras, ruptura, deformação e até colapso da estrutura, como alerta Nakamura (2020).

Figura 12: Causas de insuficiência de cobrimento

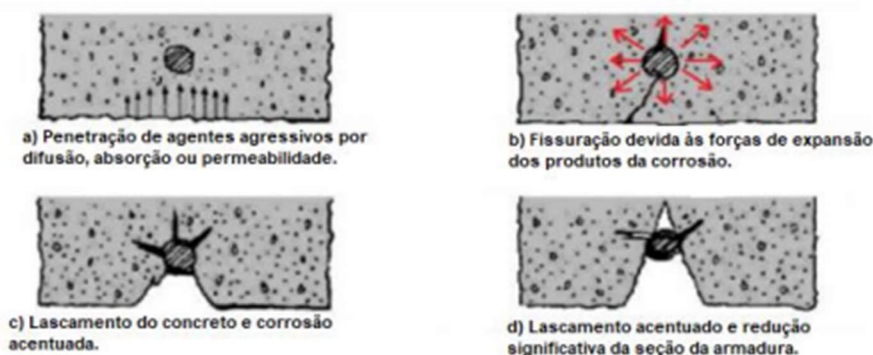


Fonte: ASOPE Engenharia, 2012.

O concreto proporciona uma defesa física e química que evita a exposição direta do aço ao ambiente externo, e ainda produz uma camada passivadora em virtude do seu pH elevado (alta alcalinidade). Porém tal proteção concedida pelo concreto pode ser prejudicada (FIGUEIREDO; MEIRA, 2011). Segundo Silva (1995), o processo de corrosão tem início após um certo período de exposição do aço a condições que neutralizam a alcalinidade do concreto ou permitem a penetração de substâncias agressivas. Isso leva ao aumento da concentração das substâncias que desencadeiam o processo de corrosão do aço.

Vieira (2003) afirma que, com relação aos aspectos que ocasionam a corrosão do aço no concreto, o mecanismo se fundamenta nos princípios da corrosão eletroquímica, a qual somente acontece quando há um eletrólito, uma discrepância de potencial e a existência de oxigênio, que pode ser intensificada por substâncias agressivas presentes ou absorvidas pelo concreto de acordo com a Figura 13.

Figura 13: Etapa da instalação da corrosão em barra de armadura.



Fonte: Helene (1986), *apud* Polito (2006)

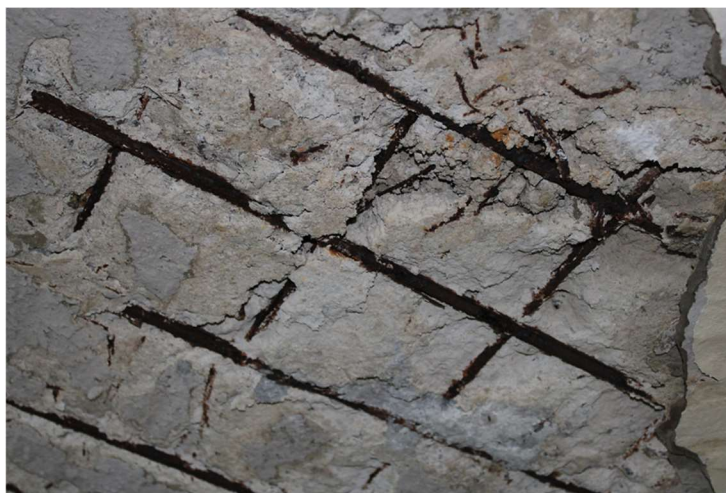
O processo de deterioração da armadura de aço é explicado no item 6.3.3 da norma técnica NBR 6118:2014 e incluem a despassivação por carbonatação, resultando a exposição do aço da armadura ao dióxido de carbono da atmosfera. Para minimizar tal efeito, recomenda-se dificultar a entrada de agentes agressivos no concreto, por meio do aumento do cobrimento das armaduras, do controle da fissuração e da utilização de um concreto de baixa porosidade.

Outro processo é a despassivação por ação de cloretos, que resulta da quebra local da camada de passivação, causada pela presença elevada de íons de cloro. Para minimizar esse efeito, recomenda-se adotar medidas semelhantes às medidas para a despassivação por carbonatação, como a utilização de um concreto de pequena porosidade e cimento composto com adição de escória ou material pozolânico.

A corrosão das armaduras (figura 14) também é referida como ferrugem, é um processo de oxidação da armadura, ou seja, a conversão gradual do metal em seus compostos oxidados (SCHÖNARDIE, 2009). Essa oxidação resulta na redução da seção de aço e na diminuição da capacidade resistente da armadura (SOUZA; RIPPER, 2009).

A fim de evitar a corrosão, é viável alterar o ambiente corrosivo por meio do controle do pH e da retirada de ar. O ajuste do pH tem como finalidade favorecer a passivação dos metais, a qual ocorre em um ambiente alcalino. Entretanto, é necessário tomar precauções especiais com metais anfóteros, pois estes perdem a capacidade de resistência à corrosão em ambientes excessivamente alcalinos, bem como a precipitação de compostos de cálcio e magnésio, que se tornam insolúveis em um ambiente com elevado pH e podem causar problemas de incrustação (FRAUCHES-SANTOS, 2014).

Figura 14:Corrosão da armadura



Fonte: JM Engenharia Diagnóstica, 2020.

O avanço da carbonatação pode variar com base no clima da área em que a estrutura está localizada, principalmente devido à influência da concentração de dióxido de carbono e umidade relativa do ambiente, além do nível de umidade presente no interior do concreto (VAGHETTI, 2005).

Considerando o impacto da umidade, a entrada de gás no concreto é facilitada quando os poros estão extremamente secos. Contudo, haverá uma escassez de água para que a reação de carbonatação aconteça. Em contrapartida, em poros saturados de água, a reação não acontece facilmente devido à baixa difusão do  $\text{CO}_2$ . Nas condições em que a umidade relativa varia entre 50% e 80% e o concreto se encontra parcialmente úmido, verifica-se um ambiente propício para o avanço acelerado da frente de carbonatação, o que pode levar à deterioração precoce da estrutura (VAGHETTI, 2005).

A formação de carbonato de cálcio, a partir do hidróxido de cálcio, resulta na transformação de um elemento de pH alto em um elemento com pH mais neutro. Esse decréscimo no pH do concreto representa um grande perigo, já que em seu ambiente alcalino - com pH entre 12 e 13 - as armaduras são protegidas da corrosão.

No entanto, quando o pH cai abaixo de 9,5, inicia-se o processo de formação de células eletroquímicas de corrosão (VITÓRIO, 2003).

A velocidade de desenvolvimento desse processo depende da estrutura, do nível de umidade e da umidade relativa no entorno da estrutura. Por isso, a carbonatação é influenciada diretamente pela concentração de CO<sub>2</sub> no ar, pelo tipo de cimento utilizado e pela relação água/cimento empregada na dosagem do concreto (FERREIRA, 2000).

De acordo com a ABNT NBR 6118:2014, dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto são medidas preventivas para evitar a corrosão. Para isso, é recomendada a utilização de um concreto de baixa porosidade, um revestimento adequado das armaduras e um maior controle de fissuração, pois essas medidas podem minimizar os efeitos da carbonatação, visto que a carbonatação é uma das causas mais comuns da corrosão.

### **3.3.2 Segregação**

Durante a concretagem uma situação indesejável que pode ocorrer é a geração de “ninhos” de concreto, conhecido também como segregação ou “bicheiras”. Isso ocorre quando os componentes do concreto se separam fisicamente durante o processo de concretagem, afetando a resistência e a durabilidade das estruturas de concreto (SILVA *et al*, 2018).

Os ninhos ou bicheiras (figura 15) são vazios na concretagem que representam um problema patológico que pode ocorrer tanto na fase de projeto quanto na fase de execução da obra. Essa manifestação pode ser causada pela inadequada distribuição do concreto nos espaços do elemento estrutural, devido ao espaçamento insuficiente das armaduras, má penetração do concreto nas fôrmas e, na maioria dos casos, pela falta de vibração adequada durante a concretagem (NAKAMURA, 2020).

Quando a vibração ou o lançamento do concreto não são realizados de forma precisa durante a concretagem, pode ocorrer a separação dos agregados maiores da pasta de cimento, resultando em um concreto cheio de vazios que são permeáveis e permitem a entrada de água para o interior da estrutura. Isso compromete a compactação adequada do concreto nas fôrmas (SANTOS, 2022). Para evitar esse problema, é recomendado o uso de formas do tipo cachimbo e a instalação de aberturas na base inferior ao lançar pilares com altura superior a três

metros. Essas medidas previnem o acúmulo de agregados de grandes dimensões e permitem a vibração adequada do concreto (FIGUEROLA, 2006).

De acordo com Takata (2009), a vibração inadequada durante a concretagem, o excesso de armaduras, falta de plasticidade do concreto utilizado, e a presença de agregados grandes são elementos que favorecem a geração de espaços vazios na massa de concreto, resultando na segregação do material devido à dificuldade de penetração na fôrma durante o processo de lançamento.

Segundo Ambrósio (2004), é possível avaliar a segregação do concreto com base no estado da superfície, sendo classificada da seguinte forma:

- Superficial: apresenta imperfeições apenas na camada superficial da argamassa, sem expor os agregados graúdos;
- Média: exhibe grandes imperfeições na superfície do concreto, com visibilidade dos agregados graúdos;
- Profunda: apresenta imperfeições profundas na superfície do concreto, com desprendimento dos agregados graúdos; ou não apresenta falhas na superfície, com a argamassa de cobertura moldando a peça, mas contendo vazios internos.

Para garantir a homogeneidade da peça estrutural, é essencial que a dosagem, adensamento e lançamento do concreto sejam realizados de maneira adequada. Uma opção viável é utilizar concreto autoadensável ou aditivos que deixem o concreto mais fluido (KATIUSCIA, 2016)

Figura 15: Bicheiras na concretagem



Fonte: Nakamura (2020)

### 3.3.3 Aberturas

Segundo Vitório (2003), um dos sinais mais frequentes de problemas estruturais é a ocorrência de fissuras, trincas, rachaduras e fendas, que se caracterizam pelo surgimento de aberturas com diferentes espessuras, podendo se apresentar de forma marcante ou como linhas na superfície de qualquer material sólido.

Conforme afirmado por Oliveira (2012), a formação de trincas, fissuras e rachaduras decorre de tensões de tração presentes em materiais frágeis, como o concreto e materiais cerâmicos. Essas ocorrências se manifestam quando a demanda de esforço é superior à resistência à tração do material, ocasionando falhas e aberturas na estrutura. Por outro lado, Moraes (1982) afirma que as fissuras são anomalias patológicas na construção, manifestada pela quebra entre partes de um mesmo componente ou entre dois componentes acoplados, podendo causar danos estéticos e/ou estruturais à edificação.

Segundo Thomaz (1989), a progressão de materiais e o surgimento de novas técnicas de planejamento construtiva ocasiona em estruturas mais leves e delgadas algumas movimentações, o que resulta no aparecimento de fissuras.

Dentre os inúmeros problemas patológicos que afetam os edifícios, sejam eles residenciais comerciais ou institucionais, particularmente importante é o problema das trincas, devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço (estanqueidade à água, durabilidade, isolamento acústica, etc.), e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários. (Thomaz, 1989, p.15).

De acordo com Souza e Ripper (1998), a formação de fissuras em uma estrutura pode ser resultado de vários fatores. Dentre eles estão: falhas no projeto, que podem ser ocasionadas por erros humanos, falta de atenção ao modelo adequado da estrutura, avaliação equivocada das cargas, ausência de detalhamentos ou erro no dimensionamento, projeto inadequado ao ambiente e dimensionamento inadequado das juntas de dilatação; retração plástica do concreto, que acontece antes da pega do material e é provocada pela rápida evaporação da água em excesso presente no concreto; assentamento e perda de aderência das armaduras, devido a movimento das fôrmas e escoramentos, retração do concreto, discrepâncias na

execução, reações expansivas, corrosão das armaduras, recalques, mudanças de temperatura e ações aplicadas .

As fissuras podem ser classificadas em dois tipos: ativas e passivas, dependendo se a sua abertura varia sob tensão. As fissuras ativas são causadas pela contração e dilatação térmica, e continuam a se abrir e ampliar sob tensão. Por outro lado, as fissuras passivas mantêm sua estética e abertura permanente, sem apresentar variações ao longo do tempo (FREIRE *et al*, 2022).

Uma forma de avaliar a severidade e a urgência de um problema de fissuração em uma edificação é classificar as fissuras e determinar se o processo está estabilizado ou se as causas ainda estão afetando a estrutura, conforme explicado por Olivari (2003). Através da figura 16 é possível analisar a classificação de fissuras por meio de sua espessura.

Figura 16: Classificação de fissuras (verificar a indicação da ordem das figuras)

**Tabela 1 - Classificação de fissuras**

<b>Classificação</b>	<b>Espessura</b>
<b>Fissura capilar</b>	Menor que 0,2 mm
<b>Fissura</b>	0,2 mm a 0,5 mm
<b>Trinca</b>	0,5 mm a 1,5 mm
<b>Rachadura</b>	1,5 mm a 5 mm
<b>Fenda</b>	5 mm a 10 mm
<b>Brecha</b>	Maior que 10 mm

Fonte: Olivari (2003).

As trincas são aberturas mais visivelmente profundas e avançadas em comparação às fissuras, e as consequências dessas aberturas nas estruturas de concreto podem afetar sua durabilidade, estanqueidade, deformabilidade e estética (DAL MOLIN, 1988). Elas podem ser classificadas em capilares, médias e largas. As capilares são extremamente finas, e não podem ser medidas com instrumentos comuns, enquanto as médias e largas podem ser medidas com instrumentos convencionais (LAPA, 2008).

Figura 17: Tipos de fissuras



Fonte: Dallminas 2020.

O surgimento destas pode ocorrer em diferentes fases da vida, sendo elas: fase plástica, fase de endurecimento e fase de concreto endurecido. Durante a fase plástica, as trincas podem surgir devido à retração e assentamento plástico. Na fase de endurecimento, as restrições à movimentação térmica precoce, retração do endurecimento precoce e assentamento diferencial dos apoios podem causar o aparecimento de trincas. Já na fase de concreto endurecido, algumas causas de trincas e fissuras são: detalhamento inadequado, subdimensionamento, cargas excessivas, construção sem os cuidados necessários, corrosão das armaduras por cloretos, ataque de sulfatos ao cimento, carbonatação e reação álcali-agregado (LAPA,2008).

O termo "rachadura" não é amplamente utilizado, uma vez que as normas NBR 9575 (ABNT, 2010) e NBR 15575 (ABNT, 2013) definem apenas microfissuras, fissuras e trincas. No entanto, a palavra "rachadura" é sinônimo de trincas com dimensões maiores que 1,0 mm. São aberturas largas na estrutura da edificação, que podem permitir a passagem de luz, vento e água, devido à sua grande abertura e profundidade.

Diferentemente das microfissuras e das trincas, as rachaduras são vistas como um problema mais severo, uma vez que, conforme sua progressão, podem se tornar irremediáveis, acarretando em um eventual colapso da estrutura (MARTINS, 2022).

### **3.4 Recuperação de patologias em concreto armado**

A terapia de reparação consiste em corrigir danos e restaurar a integridade de uma estrutura comprometida devido ao desgaste natural do ambiente, intempéries, erros de execução ou projeto.

Por outro lado, a terapia de reforço é realizada quando é preciso aumentar a capacidade resistente ou para reparar falhas da estrutura que se encontra com a capacidade de carga reduzida (VALENZUELA; SAAVEDRA, 2010).

A terapia de proteção tem como objetivo proteger a construção contra agentes externos prejudiciais, e para isso, são utilizados métodos como tratamento anticorrosivo, antifúngico, impermeabilização, pintura e selagem de juntas, entre outros.

A excelência dos serviços de recuperação ou reforço de estruturas de concreto está diretamente ligada à análise minuciosa das causas que motivaram a intervenção e à avaliação detalhada dos efeitos ocasionados. Uma vez que esses dois aspectos tenham sido definidos, é possível escolher a técnica mais apropriada, o que envolve a seleção cuidadosa dos materiais e equipamentos necessários para a execução do serviço, bem como a contratação de mão de obra qualificada.

#### **3.4.1 Armadura exposta**

Em situações na qual a armadura tenha sido exposta recomenda-se o seguinte procedimento: empregar a terapia para corrosão, esta envolve a retirada da porção danificada da peça, a substituição da armadura e a aplicação de uma argamassa especial para reparos, a fim de garantir a aderência do novo concreto. No caso em que a armadura não tenha sido revelada, é suficiente remover o concreto afetado e preencher com graute, que apresenta uma maior proporção de cimento em sua composição, garantindo, assim, a aderência do novo concreto (KATIUSCIA, 2016).

Para realizar reparos localizados em estruturas de concreto corroído, é necessário expor a armadura, realizar o tratamento no local e, em seguida, reconstituir a seção afetada. Durante a abertura da estrutura, é essencial limpar minuciosamente os itens de aço, eliminando quaisquer produtos de corrosão e tratando-os com produtos à base de zinco para prevenir futuras corrosões. O objetivo do zinco é atuar

como ânodo de sacrifício, protegendo a armadura contra reações prejudiciais (MARQUES, 2015).

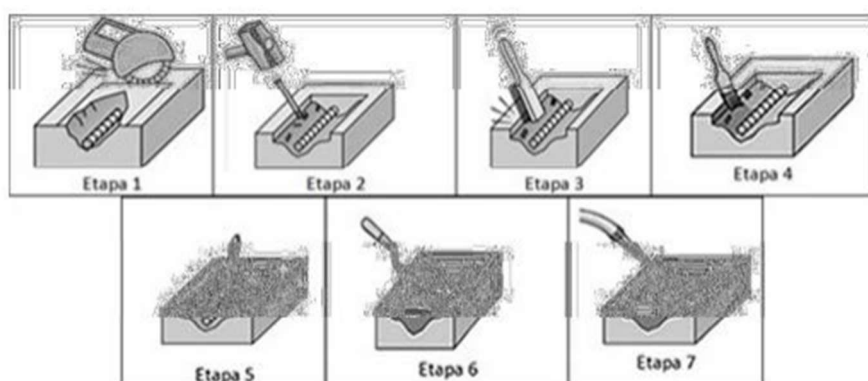
A aplicação de pintura é um método de proteção para peças metálicas, como o zinco, devido à formação de uma película protetora. Quando adicionado ao composto, o zinco age como um ânodo de sacrifício, contribuindo para a longevidade do aço (CASCUDO, 1997).

O corte do concreto é essencial para limitar a área a ser reparada em estruturas corroídas por armaduras. É importante demarcar corretamente a linha de corte para preservar a estabilidade da estrutura e evitar danos mais graves. Para realizar o corte adequado, é necessário marcar a linha de corte com um giz-estaca e utilizar uma serra circular para cortar a superfície com profundidade de aproximadamente 50 milímetros. É fundamental manter o traçado retilíneo e evitar cortes curvos (HELENE, 1992).

Para a limpeza da armadura podem ser escolhidos dependendo do tipo de impureza presente, alguns métodos que podem incluir ação mecânica, ação química, solubilização e detergência. A limpeza mecânica é o método mais utilizado para remover ferrugem das armaduras corroídas, o método inclui escovação, lixamento e jateamento com materiais abrasivos. A escovação e o lixamento geralmente envolvem o uso de uma escova de cerdas de aço e lixa manual ou lixadeira elétrica (MARQUES, 2015).

Na figura 18 podem ser retratadas as principais etapas para a recuperação de estruturas que se encontram no estado de corrosão.

Figura 18: Etapas de recuperação de concreto armado com corrosão



Fonte: AECweb,2013

- 1º Etapa: Delimitação da área de reparo;

- 2° Etapa: Remoção do concreto deteriorado;
- 3° Etapa: Limpeza (escova ou lixadeira);
- 4° Etapa: Preparação da camada de aderência;
- 5° Etapa: Pintura de revestimento da armadura;
- 6° Etapa: Recomposição do concreto;
- 7° Etapa: Proteção da superfície.

Ao fortalecer a armadura de uma estrutura, quer seja para restabelecer sua capacidade de carga inicial ou corrigir equívocos de execução ou projeto, é fundamental aderir às orientações de Helene (1992). Ele ressalta a importância de empregar eletrodos apropriados durante o processo de soldagem das armaduras, se necessário, e de monitorar criteriosamente fatores como temperatura e tempo de exposição. Isso é primordial para evitar modificações nos elementos originais da ferragem, preservando assim sua integridade.

### **3.4.2 Aberturas**

A escolha do tipo de tratamento mais adequado para diferentes tipos de fissuras, como microfissuras, trincas ou brechas, irá depender da abertura e extensão na qual estas se encontram.

Para tratamento de fissuras causadas por flexão, é importante reduzir a carga excessiva e realizar o preenchimento das fissuras, considerando a agressividade do ambiente. Além disso, é recomendado utilizar resina epóxi para o tratamento. Já para fissuras causadas por punção, é possível reparar as elevadas tensões utilizando materiais como concreto normal, microconcreto, graute, chapas metálicas coladas com epóxi ou perfis metálicos protendidos, a depender das condições e do tipo de estrutura (MARCELLI, 2007).

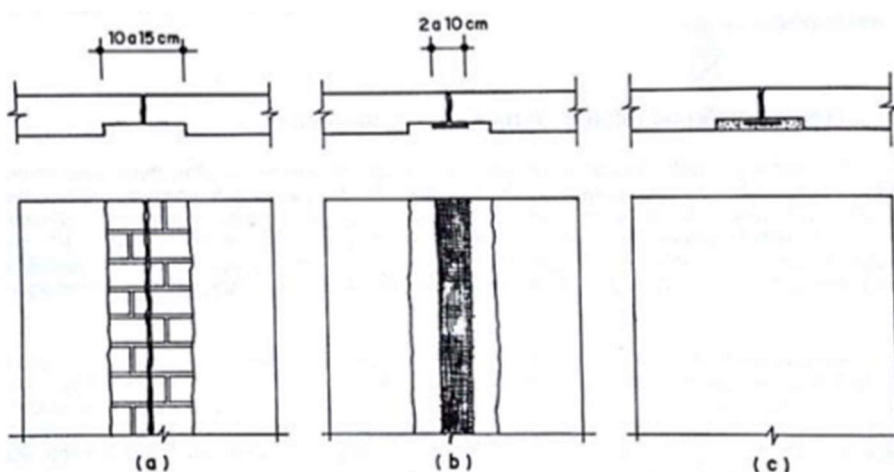
Uma abordagem efetiva para o tratamento de fissuras ativas é utilizar materiais flexíveis que possam acomodar deformações, elas podem surgir em regiões de encontro entre diferentes materiais com resistências distintas, muitas vezes devido à execução inadequada ou uso de materiais de baixa qualidade. Para a realização do tratamento, uma estratégia inicial seria o emprego de telas finas de nylon ou polipropileno para reforçar a pintura com aproximadamente seis camadas de tinta elástica à base de resina acrílica ou poliuretano. Além desta, outra abordagem

comumente utilizada consiste em utilizar selantes flexíveis, esse método começa com a realização de cortes em formato de "V" ou retangular, com profundidade de 10 mm e largura de cerca de 20 mm, dependendo da intensidade das movimentações. Para aumentar a efetividade na recuperação de estruturas com fissuras ativas, uma membrana de separação, como fita crepe, pode ser inserida entre a alvenaria e o selante flexível (THOMAZ, 1989).

Depois de realizar a abertura, é necessário realizar uma limpeza cuidadosa para remover qualquer impureza e secar completamente a superfície, permitindo em seguida a aplicação do selante flexível. O selante pode ser de silicone ou poliuretano os quais possuem baixa retração durante a evaporação de seus componentes (THOMAZ, 1989).

Outra técnica muito utilizada é o de bandagem (Figura 19), uma das vantagens desse método é a sua capacidade de absorver o deslocamento das fissuras por meio de uma faixa de bandagem levemente larga. Assim, quanto maior a largura da faixa e melhor a separação entre as partes, menor será a tensão adicional no revestimento e menor a chance de novas fissuras. O processo para correção envolve três etapas: primeiro, é preciso remover o revestimento de um lado da parede em uma faixa entre 10 e 15 cm para alcançar a área trincada; depois, aplica-se o material de bandagem com a mesma disposição em uma faixa entre 2 a 10 cm em ambos os lados; e, por fim, é necessário aplicar um chapisco sobre a bandagem para melhor aderência com o revestimento que será refeito. O novo revestimento é feito com uma argamassa de baixo módulo de deformação no traço 1:2:9 em volume (THOMAZ, 1989).

Figura 19: Recuperação de fissuras pelo método de bandagem



Fonte: THOMAZ, 1989.

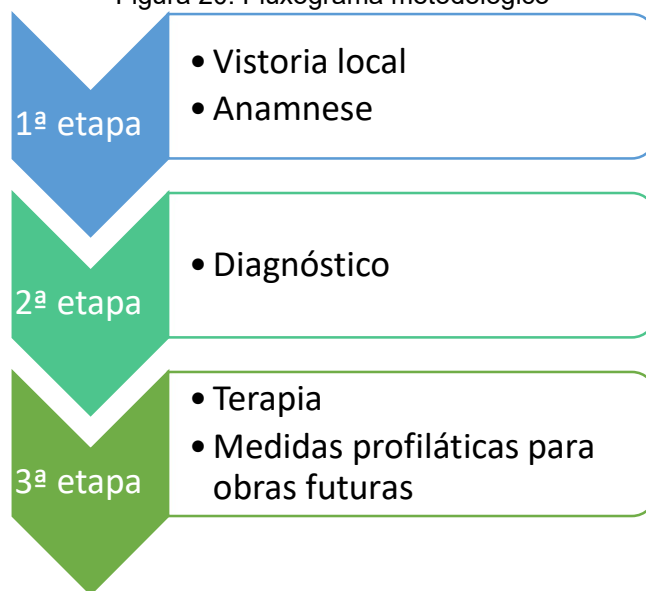
Já para o caso de aberturas superiores a 3 cm, é aconselhável efetuar cortes criando um sulco, fazer a higienização e, em seguida, inserir um material flexível, como um cordão moldável em poliestireno (ou um tubo plástico), encerrando o procedimento com a aplicação de um selante. Outra opção é utilizar juntas de borracha neoprene para aberturas maiores, contudo, é necessário reforçar as bordas da fenda para assegurar a durabilidade da estrutura (GONÇALVES, 2015).

## 4 Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado um estudo de caso a fim de avaliar as manifestações patológicas em peças de concreto de uma residência localizada em Capitólio – MG, composta por dois pavimentos, térreo e primeiro pavimento. O estudo possui uma abordagem qualitativa baseada em conhecimentos teóricos e experiências práticas que explicam e propõem soluções dos fenômenos observados de forma descritiva, que foram baseadas principalmente por autores como Souza e Ripper (2009), Thomaz, (1989) e Vieira (2003) e pela norma da ABNT NBR 6118,(2014) .

A metodologia deste estudo envolveu três etapas principais (Figura 20. Na primeira etapa, foi realizado vistoria local e anamnese porque, devido a idade da edificação e as condições deste estudo, não foram empregados ensaios. A coleta de dados por meio de inspeção visual é de extrema importância para obter um diagnóstico preciso das manifestações patológicas, permitindo identificar os sintomas observados, a localização e a intensidade do problema. Essa análise é essencial para uma avaliação adequada e para o desenvolvimento de medidas de correção eficazes. Conforme mencionado por Mazer (2012), a observação visual é o primeiro método de inspeção não destrutiva a ser conduzido em qualquer elemento, uma vez que se trata de uma abordagem simples, de baixo custo operacional e que está intrinsecamente relacionada a qualquer atividade a ser realizada. Assim, com base nas informações coletadas, procedeu-se na segunda etapa ao diagnóstico das patologias presentes. Por fim, na terceira etapa foi estabelecida as formas de tratamento e recuperação adequadas, além de serem fixadas prescrições profiláticas a serem empregadas em obras futuras. Essa abordagem metodológica permitiu uma análise completa das manifestações patológicas presentes na residência, fornecendo subsídios para a compreensão do problema e orientando as medidas necessárias para sua correção e recuperação adequada.

Figura 20: Fluxograma metodológico



Fonte: Próprio autora

#### 4.1 Discussão de resultados

Nesta seção são apresentados e discutido os dados relativos ao estudo de caso ao qual esse trabalho se propõe.

#### 4.2 Vistoria no local

Este trabalho trata do estudo de caso de uma residência em fase acabamento localiza no município de Capitólio – MG. A localização da edificação pode ser observada na figura 21, onde nota-se que ela se encontra em um bairro residencial.

Figura 21: Localização da residência



Fonte: Google Earth Pro

A edificação conta com dois pavimentos, o que pode ser percebido pelo registro da fachada, figura 22. Térreo composto por dois quartos, sala, banheiro, cozinha e área de serviço e primeiro pavimento, construído posteriormente, que

possui dois quartos, sala, banheiro, copa e cozinha. Nota-se que a edificação não foi concluída, estando em ponto de receber revestimentos.

Figura 22: Fachada da residência



Fonte: Própria autora

### **4.3 Anamnese**

Por meio da anamnese, foi levantado com base em relato do atual proprietário que a residência foi vendida para ele em 2011 e após a aquisição do imóvel, foi realizada uma ampliação na residência, adicionando-se o atual segundo pavimento, obra que teve início em 2012. Vale ressaltar que a obra de ampliação não contou com a presença de um engenheiro responsável, apenas um pedreiro. Ao longo dos anos, após a ampliação, começaram a surgir manifestações patológicas, que afetaram partes da estrutura da residência.

Através da realização de uma inspeção visual, foi possível identificar algumas manifestações patológicas. Com base no registro fotográfico realizado durante a inspeção visual. A seguir as manifestações patológicas serão diagnosticadas e serão apresentadas algumas possíveis soluções e formas de tratamento para a resolução desses problemas.

### **4.4 Vistoria local**

Ao realizar a vistoria local foi perceptível a existência de cinco quadros de manifestações patológicas que necessitam de intervenção. O quadro 1 apresenta um resumo de cada um dos casos.

Quadro 1: Manifestações patológicas identificadas na edificação estudada

	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>	<b>Caso 3</b>	<b>Caso 4</b>
<b>Manifestação</b>	Exposição e corrosão da armadura Segregação superficial	Exposição e corrosão da armadura Segregação profunda	Exposição da armadura	Fissuras Exposição da armadura
<b>Causa</b>	Cobrimento insuficiente Adensamento insuficiente	Cobrimento insuficiente Adensamento insuficiente Utilização de resíduo de construção como agregado	Falta de espaçadores	Cobrimento insuficiente Infiltração Carbonatação
<b>Natureza</b>	Estrutural e Química	Estrutural e Química	Estrutural	Química
<b>Origem</b>	Execução	Execução	Execução	Execução

Fonte: Própria autora

Quanto ao caso 1 na figura 23 é possível observar a exposição e corrosão da armadura além de ninhos de concretagem que teve origem durante a etapa executiva. Alguns fatores que podem ter desencadeamento para tal ocorrência como o adensamento insuficiente.

Figura 23: Pilar com ninhos de concretagem e armadura exposta



Fonte: Própria autora

O caso 2 indica a presença de ninhos de concretagem, no qual apresenta imperfeições profundas na superfície do concreto, com desprendimento dos agregados graúdos e contendo vazios internos conforme ilustram as figuras 24 e 25. É possível observar que foi utilizado como agregado resíduos da própria construção como pedaços de blocos cerâmicos, com dimensões variadas. Além do tipo de material não ser adequado, sua granulometria também não é compatível com o uso. Assim, a falta de vibração adequada e o uso de agregados inadequados na concretagem são fatores que desencadearam tais ocorrências conforme explicado por Cintra *et al* (2013) e Souza e Ripper (1983).

Figura 24: Segregação profunda na viga e pilar.



Fonte: Própria autora

Figura 25: Armadura exposta e segregação



Fonte: Própria autora.

No caso 3, na figura 24, pode ser observado a exposição da armadura que pode ter ocorrido devido à falta de espaçadores durante a concretagem, visto que os espaçadores são fundamentais para manter a armadura posicionada corretamente, garantindo o cobrimento necessário de acordo com o projeto conforme mencionado por Angst *et al.* (2020). É perceptível que em alguns trechos há o cobrimento e em outros não, o que indica que a armadura pode ter se movimentado durante a concretagem

Figura 26: Pilar com vazio e armadura exposta



Fonte: Própria autora

No caso 4, trata-se de uma patologia na estrutura pré-moldada da laje que cobre o pavimento térreo, conforme ilustrado na figura 28. É possível observar a presença de duas fissuras horizontais alinhadas com as armaduras, as quais foram causadas pela expansão das armaduras devido à corrosão. Essa corrosão pode ter sido provocada pela falta de cobertura adequada das armaduras e pela dilatação por absorção da umidade que desencadeou um processo de carbonatação. A umidade absorvida pela laje é perceptível no pavimento superior, sendo que na Figura 27 é possível, inclusive, notar a cor verde, indicando o crescimento de biomaterial sobre a laje, o que demanda tanto umidade como insolação.

Figura 27: Piso com umidade



Fonte: Própria autora

Figura 28: Fissuras Horizontais e segregação



Fonte: Própria autora

#### **4.5 Diagnóstico**

Quanto ao diagnóstico do caso 1, trata-se da segregação no concreto, que consequentemente causou a exposição das armaduras. Essa segregação ocorreu devido a problemas ocorridos no lançamento e adensamento que provocaram a formação de grandes vazios na massa de concreto conforme Cintra *et al* (2013) explica. A situação apresentada precisa ser reparada sob o risco de a evolução da patologia levar a perda de capacidade estrutural da peça. A segregação pode ser classificada como superficial, e não apresenta riscos, porém deve ser reparada o quanto antes, a fim de evitar que ocorra a corrosão da armadura e afete a estrutura da peça.

Já no caso 2 há segregação profunda no concreto, uma vez que as peças apresentam grandes imperfeições com desprendimento dos agregados graúdos. Além disso, soma-se à situação o emprego de resíduos de construção como agregado graúdo. A falta de lançamento adequado, vibração e uso de materiais adequados na concretagem produziram a situação observada. Isto impacta negativamente as peças que, por não obedecerem a prescrição normativa e apresentarem perda significativa da seção transversal, carecem de reforço estrutural.

No caso 3, tem-se outra situação de exposição de armaduras, porém, dessa vez, o ocorrido se deu devido à ausência de espaçadores durante a fase de concretagem explica Souza e Ripper (1983). É de extrema importância que essa questão seja corrigida para evitar a corrosão da armadura exposta, pois isso pode resultar na penetração de umidade, corrosão da armadura com expansão e deslocamento da seção onde há o cobrimento, o que compromete a capacidade estrutural da peça.

Por fim, no caso 4, tem-se a ocorrência de fissuras em algumas peças pré-moldadas, causadas pela umidade que chega do pavimento superior. Esta umidade, ao penetrar na peça de concreto, acabou provocando um processo de carbonatação que culminou na expansão das armaduras longitudinais. Por isso, é importante que essa situação seja prontamente reparada, pois a evolução dessa patologia pode acarretar na perda da capacidade estrutural da peça.

#### **4.6 Terapia**

Em todos os casos é necessária proceder medidas para conter a corrosão das armaduras e protegê-las para que a manifestação não volte a ocorrer. Uma solução possível seria a limpeza no local onde a armadura se encontra exposta e oxidada e reconstituir a seção da armadura. Para combater a corrosão, pode ser utilizada pintura a base de zinco, porque ela forma uma camada protetora na armadura. Por fim, é recomendado cobrir a armadura com um revestimento de epóxi ou graute, de acordo com as especificações adequadas conforme Marques, (2015) e Cascudo, (1997) explicam. Nos casos 2 e 4 é necessário remover o concreto que está solto na face das peças estruturais para, em seguida, realizar a limpeza minuciosa da área afetada e então proceder às medidas na armadura.

Ressalta-se que no processo de reparação em peças de concreto é necessário, primeiramente, delimitar a área de remoção. Em seguida, retira-se a parte afetada, podendo ser feito manualmente com o auxílio de uma marreta, nos casos 1, 3 e 4 e, no caso 2, com uso de martelo. Após a remoção, é importante realizar a limpeza do local utilizando uma escova de aço ou lixadeira para eliminar produtos corrosivos como ressalta Marques, (2015) e que pode ser observado também as etapas de reparação no passo a passo (figura 18).

Para solucionar o problema da segregação do concreto, recomenda-se a recomposição da seção das peças utilizando argamassa à base de cimento ou argamassa convencional. No entanto, quando os vazios apresentam uma profundidade significativa, como no caso 2, é mais adequado realizar a reconstrução do pilar ou colocar peça metálica, visto que os agregados utilizados na composição das peças estruturais eram restos de tijolos, comprometendo a função estrutural.

Por fim, em todos os casos, após o processo de recuperação, é imprescindível proteger a superfície do elemento estrutural contra agentes agressivos do ambiente, os quais podem causar a corrosão das armaduras. Para isso, podem ser aplicados revestimentos como argamassas, tintas, materiais cerâmicos ou revestimentos impermeabilizantes à base de epóxi ou poliuretano.

#### **4.7 Medidas profiláticas para obras futuras**

Para evitar a segregação é importante que os componentes do concreto sejam de boa qualidade e que se proceda lançamento e adensamento conforme preconizado de acordo com a ABNT NBR 14931 (2004). É válido ressaltar que a

qualidade do concreto está ligada ao seu traço. Assim, na produção devem ser utilizados agregados graúdos como brita 1 e miúdos como areia, cimento e aditivos garantirão aumento da resistência, redução do calor de hidratação e melhor trabalhabilidade.

Para prevenir o processo de carbonatação, segundo a NBR 6118:2014, é preciso dificultar a penetração de agentes agressivos no interior do concreto, e por isso, recomenda-se a utilização de concreto com baixa porosidade, cobrimento adequado das armaduras e revestimento das peças de concreto.

Para prevenir a corrosão é importante fazer o cobrimento adequado para as armaduras, garantindo que elas estejam devidamente protegidas pelo concreto. Além disso, é essencial realizar uma impermeabilização eficiente para evitar a penetração de agentes corrosivos, como a água, aplicação de aditivos inibidores de corrosão, como tintas, vernizes e hidrofugantes proporcionam uma camada adicional de proteção contra esses agentes de acordo com Bastos, (2006) e a norma ABNT NBR 6118, (2014).

## 5 Considerações Finais

O acompanhamento por responsável técnico durante a etapa executiva é importante para evitar patologias e permitir a adoção de medidas corretivas adequadas em fase precoce. Como pode ser observado, os 4 casos apresentaram manifestações decorridas de vários tipos, porém, todas com origem na fase de execução. No caso aqui avaliado fica explícita a relação direta entre as patologias presentes e falta de acompanhamento técnico bem como a execução por mão de obra não qualificada.

As medidas corretivas indicadas para o caso estudado são necessárias para garantir a integridade da estrutura. Além disso, o conhecimento e emprego das medidas profiláticas aqui discutidas são formas de evitar que erros como observados neste estudo, não se repitam em outras obras. É importante lembrar que o custo de soluções corretivas é sempre maior que o de medidas profiláticas.

Para trabalhos futuros, seria relevante realizar o levantamento de cargas e dimensionamento das peças de reforço estrutural para esta residência. Também são necessários estudos para compreender o impacto financeiro entre as medidas corretivas e profiláticas aqui discutidas.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR NM 33:1998**. Amostragem de concreto fresco. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT.**NBR 16889:2020**- Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT.**NBR 12142:2010** - Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT.**NBR 7584:2012** - Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão-Método de ensaio. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro ,2012.

ABNT. **NBR 7680-1:2015** - Concreto – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro,2015.

ABNT.**NBR NM 67:1998**. Concreto-Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Associação Brasileira de Normas Técnicas,1998.

ABNT. **NBR 7680-1:2015**. Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT.**NBR 12655:2006**– Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.2006.

ABNT.**NBR 12655:2006**– Concreto de Cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.2006.

ABNT. **NBR-8802:2013** – Concreto Endurecido –Determinação da velocidade de propagação da onda ultrassônica. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT.**NBR 5739**: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. **NBR 15575-1:2013**. Edifícios habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Associação Brasileira de Normas Técnicas Rio de Janeiro, 2013.

ABNT.**NBR 14931:2004**- Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. **NBR 9575:2010**. Impermeabilização: Seleção e projeto. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT. **NBR 5738: Concreto** - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. **NBR 6118:2014** - Projeto de Estrutura de Concreto – Procedimentos. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. 2014.

AdNormas. Disponível em:<https://revistaadnormas.com.br/2019/03/05/o-ensaio-a-compressao-em-concreto>. Acesso em: 20.abr. 2023.

AECWEB, 2020. Disponível em:<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/argamassasestruturais-grautespermitempreenchervaziosdeconcretagem/20509>. Acesso em: 10. Maio. 2023.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira, 2002.

AMBRÓSIO. **Prevenção das Patologias da Construção** apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AMBRÓSIO M. **Definição de Patologias das Construções**. São Paulo. 2013.

AMBRÓSIO, THAIS DA SILVA. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metro de São Paulo**. 2004. 128f. Monografia (Bacharelado em Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004

AMORIM, A. A. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Aramado Aparentes**. Dissertação de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte-MG, 2010.

Ars Aedificativa. Disponível em:<https://www.arsaedificativa.com/2021/11/ensaios-mecanicos-do-concreto.html>. Acesso em: 23. Maio. 2023.

ANVAR, D.; PREDOSO, T.; BRITO, T. **Cura do concreto**. Salvador, p.14-15, 2005.

ANGST, Ueli et al. **Corrosão de aço em concreto carbonatado: mecanismos, experiência prática e prioridades de pesquisa** - Uma revisão crítica por RILEM TC 281-CCC. Cartas Técnicas RILEM , v. 5, p. 85-100, 2020.

ANDRADE, Humberto Dias. **Carbonatação em Concreto de Escória de Aciaria**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

ARIVABENE, Antonio Cesar. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado - Estudo de Caso**. Revista On-Line IPOG, [s. l.], v. 1, n. 10, p. 1–22, 2015.

ASOPE Engenharia. 2012. Disponível em: <https://www.asope.com.br/single-post/2018/10/09/corrosao-de-armadura>. Acesso em: 15.Jun. 2023.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura; MELHADO, Silvio Burrattino. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. 1998.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: Novos Materiais para Construção Civil**. v.1. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009, p. 409.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001

BAUER, L. A. Falcão. **A CURA DO CONCRETO: Métodos e Materiais**. Boletim nº 32, São Paulo, 1991, 33 p.

BAUER, F. LA. **Materiais de Construção**. Vol 1 e 2. São Paulo, LTC, 2000.

BARDELLA, P. S.; BARBOSA, D. C.; CAMARINI, G. **Sistemas de Cura em Concretos Produzidos com Cimento Portland de Alto-Forno com Utilização de Sílica Ativa**.

Disponível em: [http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/115.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/115.pdf). Acesso em: 10. maio. 2023.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: Unesp, 2006.

BROOMFIELD, J. P. **Corrosion on Steel in Concrete**, 1.<sup>a</sup> edição. Londres, E. & Fn Spon, 1997.

CASTRO, Elisângela de et al. **Estudo da resistência à resistência do concreto por meio de testemunhos de pequeno diâmetro e esclerometria**. 2009.

CASCUDO, O. **O controle da corrosão de armaduras em concreto: Inspeção e técnicas eletroquímicas**. São Paulo: PINI, 1997.

CINTRA, D. C. B. et al. **Estudo de procedimentos de adensamento do concreto por vibradores de imersão em obras na Grande Vitória**. Vitória - ES: IBRACON, 2013.

COUTINHO, A. de S. **Fabrico e propriedades do betão**, v. 1. Lisboa: LNEC, 1973.

CONSTRUÇÃO FACIL RJ. **Porta da Construção Civil**, 2013. Disponível em: <https://construfacilrj.com.br/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/> > Acesso em: 12 abril. 2023.

Clube do Concreto. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/10/a-consistencia-do-concreto-ensaio-de.html>. Acesso em: 5. Jun. 2023.

DA SILVA, Julierme Siriano et al. Viabilidade da aplicação do método da maturidade no monitoramento da resistência de concretos em regiões de clima tropical. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 10, n. 2, p. páginas 223-237, 2018.

DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho. **Fissuras em estruturas de concreto armado: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no Estado do Rio Grande do Sul**. 1988.

DE OLIVEIRA, Alexandre Magno et al. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações**. 2012.

DE MEDEIROS<sup>1</sup>, Marcelo Henrique Farias et al. **Resistência a compressão em testemunho de concreto: influência do fator de esbeltez, diâmetro da amostra e método de extração**. REEC, v. 13, n. 1, p. 240, 2017.

DEGUSSA. **Manual de Reparo, Proteção e reforço de estruturas de Concreto**. São Paulo, 2008.

ECIVIL Net .2022. Disponível em:<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-segregacao.html>. Acesso em: 18. Jun. 2023.

ESCOBAR, Celcio José; CRUZ, D. A.; FABRO, G. **Avaliação de desempenho do ensaio de esclerometria na determinação da resistência do concreto endurecido**. In: 50 Congresso Brasileiro do Concreto. Rio Grande do Sul. site. abece. com. br/download/pdf/e-Artigo049-2011. pdf. 2008.

FAJERSZTAJN, Hermes; LANDI, Francisco Romeu. **Formas para concreto armado: aplicação para o caso do edifício**. 1987.

FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação de ensaios de durabilidade do betão**. 2000. Tese de Doutorado.

FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem**. 2006. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-3.aspx>. Acesso em: 20 Maio. 2023.

FIGUEIREDO, E.J.P., MEIRA, G.R. **Corrosão das armaduras das estruturas de concreto**. In: INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (Org). **Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo, 2011. p.887-902.

FLORIANI, Ricardo. **Maiêutica-Engenharias-Edição Completa. Maiêutica-Engenharias**, v. 2, n. 1, 2016.

FRAUCHES-SANTOS, Cristiane et al. A corrosão e os agentes anticorrosivos. **Revista virtual de química**, v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014.

FREIRE, Ademir Alfredo et al. TERRAPLANAGEM X PATOLOGIA EM EDIFICAÇÕES—IMPACTOS ESTRUTURAIS E EM VEDAÇÕES EM OBRAS VIZINHAS: UM ESTUDO DE CASO. **RECIEC-Revista Científica de Engenharia Civil**, v. 5, n. 02, p. 144-157, 2022.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificação**. UFRJ, 2015.

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

HELENE, Paulo. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo, Pini: 1992.

HIRT, B. F. **Manifestações patológicas em obras de escolas públicas estaduais do Paraná**. 2014. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

IANTAS, L. C. **Estudo de caso: análise de patologias estruturais em edificação de gestão pública**. 2010. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

JM Engenharia Diagnóstica.2020. Disponível em :<https://www.jmengdiagnostica.com.br/post/o-que-e-corrosao-de-armadura>. Acesso em : 7.Jun. 2023.

KATIUSCIA, I. **Algumas das verificações pré e pós-concretagem**. 2016. Disponível em: <http://drfz tudo.com.br/blog/2016/03/30/al-gumas-das-verificacoes-pre-e-posconcretagem/>. Acesso em: 15.Mai.2023.

LAPA, J.S. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Escola de Engenharia da UFMG. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

MACHADO M. D., **Curvas de correlação para caracterizar concretos usados no Rio de Janeiro por meio de ensaios não destrutivos**. 2005. 265 f. Tese (Mestrado em Engenharia), COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MARTINS, Junho César et al. **Estudo de manifestações patológicas em edificações na cidade de Pouso Alegre-MG**. 2022.

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras** - São Paulo: Pini, 2007.

MARQUES, Vinícius Silveira. **Recuperação de estruturas submetidas à corrosão de armaduras: definição das variáveis que interferem no custo**. 2015.

MAXON. **Industries Incorporateds**. Disponível em:<https://maxon.com/equipment/dumpcrete/> . Acesso em: 2 Mar. 2023.

MAZER, Wellington. **Inspeção e ensaios em estruturas de concreto**. Curitiba: UTFPR, 2012.

MENDES, G. P. R. **Utilização de ensaios não destrutivos para a avaliação da resistência à compressão do concreto usinado no estado endurecido**. 2013.

MORAES, M.B. **Estudo das trincas em paredes de alvenaria autoportante de tijolos e blocos de solo-cimento**. São Paulo, 1982. 82p. Dissertação. Escola

Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em:  
<https://repositorio.usp.br/item/000714185>. Acesso em: 24 jul. 2022.

MOREIRA, Mirellen Mara. **Efeito do aditivo redutor de permeabilidade em concretos com diferentes tipos de cimento portland: contribuição aos processos de autocicatrização**. 2016.

NASCIMENTO, P. L. S. **A importância do controle tecnológico do concreto**. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-PHELLIPE-LOPES-OFICIAL-REV00.pdf>. Acesso em 12. Maio. 2023.

Natumol, **Desmoldante para concreto**. 2018. Disponível em  
<<http://www.natumol.com/p/desmoldante-formas-madeira-concreto.html>> Acesso em: 24 de junho de 2023.

NAKAMURA. J. **Argamassas estruturais e grautes permitem preencher vazios de concretagem**. 2011.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: PINI, 1997. 828P.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do concreto-5ª Edição**. Bookman Editora, 2015.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto. 5. ed.** Porto Alegre: Bookman, 2016

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013.

OLIVEIRA, Gustavo Martins Valamiel et al. **Análise de fissuras em alvenaria de vedação—Estudo de caso**: UEMG—Unidade de João Monlevade. Research, Society and Development, v. 8, n. 12, p. e368121617-e368121617, 2019.

OLIVARI, Giorgio. **Patologia em edificações**. São Paulo, p. p95, 2003.

PEREIRA, E. et al. **Ensaio de “Pull Off” para avaliar uma resistência à compressão do concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. 2012, v.5, n. 6, p. 757-780.

POSSAN, E. **Contribuição ao estudo da carbonatação do concreto com adição de sílica ativa em ambiente natural e acelerado**. 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

POSSAN, E. **Modelagem da Carbonatação e Precisão de Vida Útil de Estruturas de Concreto em Ambiente Urbano**. 2010. 263f. Tese de doutorado (Doutorado em Engenharia) - Escola de Eng.

POLITO, Giuliano. **Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação**. Monografia (Aperfeiçoamento / Especialização), Especialização em Construção Civil – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PITTA, Márcio Rocha. Construção de pavimentos de concreto simples. **São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland**, 1998.

RECENA, FAP; PEREIRA, F. M. Produção e controle de concreto em obras. **ISAIA, GC Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: Ibracon**, v. 1, 2011.

SANTOS, Luis Filipe Costa dos. **Manifestações Patológicas em pilares de concreto armado: estudo de caso no bairro Parque Planalto no município de Açailândia-MA**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade Vale do Aço. Açailândia, 2022.

SANTANA, Caio Henrique Santos; MIRANDA, Rodrigo Manzan. **Análise comparativa da resistência à compressão aferida por métodos não destrutivos**. Ucb, Brasília, v. 1, n. 1, p.1-35, 17 jun. 2016.

SANTOS, Ana Cristina Melim Benthien dos et al. **Influência da cura térmica nas resistências dos concretos destinados à produção de blocos estruturais**. 2012.

SAHUINCO, Melquiades H. C. **Utilização de métodos não destrutivos e semidestrutivos na avaliação de pontes de concreto**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

SCHÖNARDIE, C. E. **Análise e tratamento das manifestações patológicas por infiltração em edificações**. 2009. 84 f. Trabalho de Conclusão de curso ( Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Campus Ijuí, Ijuí, RS, 2009.

SILVA, Paulo Fernando Araújo. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Aparente em Atmosfera Urbana**. São Paulo: Editora Pini, 1995.

SILVA, Daniela Rodrigues Costa et al. **Patologia em estruturas de concreto armado: estudo de caso aplicado às obras inacabadas e concluídas do Campus II da UFGD**. 2018.

SOUZA, V.; RIPPER, T. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. – São Paulo: Pini, 1998.

SOUZA, Pamela Scari; SANTOS, Odair. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. Boletim do Gerenciamento, v. 24, n. 24, p. 1-11, 2021.

TAKATA, L. T. **Aspectos executivos e a qualidade de estruturas em concreto armado: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 152 p. 2009.

THOMAZ, Ércio. Tricas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação. 1ª Edição. **Editora PINI. São Paulo**, 1989.

VAGHETTI, Marcos Alberto Oss. **Estudo da corrosão do aço, induzida por carbonatação, em concretos com adições minerais**. 2005.

VALENZUELA SAAVEDRA, Matías Andrés. **Reforço de pontes existentes por alteração do esquema estático**. Aplicação à ponte San Luis no Chile . 2010. Dissertação de Mestrado. Universitat Politècnica de Catalunya.

VIEIRA FILHO, José Orlando. **Avaliação da resistência à compressão do concreto através de testemunhos extraídos**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Cap. 5.

VIEIRA, Matheus Assis. **Patologias Construtivas: Conceito, Origens e Método de Tratamento**. Revista On-Line IPOG, [s. l.], v. 1, n. 12, p. 1–15, 2016.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife: Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícia de Engenharia, 2003.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**. 10. ed. rev. Atual. São Paulo: Pini, 2009. 769p.

YEN, Tsong e cols. **Comportamento do escoamento do concreto de alto desempenho de alta resistência**. Compósitos de Cimento e Concreto, v. 21, n. 5-6, pág. 413-424, 1999.