

UEMASUL



Universidade Estadual
da Região Tocantina
do Maranhão

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS, TECNOLÓGICAS E LETRAS- CCHSTL
CAMPUS AÇAILÂNDIA
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

VIVIANE CARVALHO DE MORAIS

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA CIDADE DE IMPERATRIZ-MA.**

Açailândia-MA
2022

VIVIANE CARVALHO DE MORAIS

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA CIDADE DE IMPERATRIZ - MA.**

Monografia apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Ma. Ludimilla da Silveira
Ferreira

Açailândia - MA
2022

M828e

Morais, Viviane Carvalho de

Estudo das patologias em estruturas de concreto em edificações residenciais na cidade de Imperatriz-MA / Viviane Carvalho de Moraes – Açailândia: UEMASUL, 2022.

53 f. : il.

Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Açailândia, MA, 2022.

1. Manifestações patológicas. 2. Patologias. 3. Causas. 4. Danos. I. Título.

CDU 624.012.45(812.1)

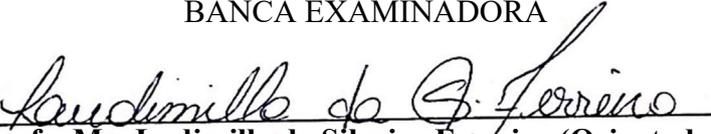
VIVIANE CARVALHO DE MORAIS

**ESTUDO DAS PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NA CIDADE DE IMPERATRIZ – MA.**

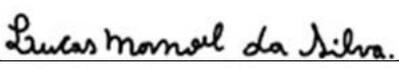
Monografia apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 03 / 08 / 2022

BANCA EXAMINADORA


Profa. Ma. Ludimilla da Silveira Ferreira (Orientadora)
Mestra em Engenharia Mecânica
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão


Profa. Ma. Brenda Gomes de Lima Moura
Mestra em Ciência dos Materiais
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão


Profa. Me. Lucas Manoel da Silva
Mestre em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão

DEDICATÓRIA

À Deus, meu suporte diário. À minha família pelo apoio e incentivo e compreensão pelos momentos de minha ausência.

Aos meus amigos pelo imenso apoio e cuidados com minha pessoa.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder a vida, por todas as bênçãos e por seus traçados, por tudo que me proporcionou em toda a minha vida, Ele que me dá forças pra continuar todos os dias.

A minha família, aos meus pais pelo apoio, paciência, compreensão e incentivo aos meus estudos, principalmente à minha mãe, por nunca ter medido esforços pra me ajudar a chegar até onde estou hoje. Aos meus irmãos, por todas as risadas compartilhadas e momentos únicos.

À minha avó Maria Rosa Carvalho (*in memoriam*), pelo amor, dedicação, cuidados e ternura que ainda hoje são recordados com muita saudade, sem ela, sem seus ensinamentos e cuidados não teria chegado até aqui hoje.

Aos meus tios, Kelves e Keyla, pelo amor, incentivo, por todos os ensinamentos e por ajudar na minha trajetória de vida.

Aos meus amigos, em especial a amizade maravilhosa que a graduação me proporcionou de Sabrina Rodrigues, Juliana Carvalho, Marly Cirqueira e Maria Rebeca, por todo o amor, apoio incondicional e por todo conhecimento compartilhado, além dos eternos momentos vividos juntas, todas as alegrias e choros, sempre apoiando umas as outras. Ao meu amigo Mário que ajudou durante a produção desta monografia com um dos estudos de caso.

Às minhas melhores amigas, Sabrina Rodrigues e Erica Santos, com quem compartilho minha vida diariamente desde o início da minha trajetória acadêmica, por sempre estarem do meu lado, nos momentos bons e ruins, sempre me dando forças para continuar e por ter vivido os melhores momentos da minha vida junto a elas, que espero que seja para toda a vida, sou eternamente grata por todo cuidado comigo.

Aos meus melhores amigos de infância, Daniel Barros e Ana Carolina Rodrigues, que estiveram presentes em quase dois terços da minha vida, sempre tão amorosos, cuidam de mim mesmo de longe, sou imensamente grata por todo apoio e compreensão.

Ao meu namorado, Ricardo, que não mediu esforços pra me ajudar nos momentos difíceis, por sempre estar do meu lado, me apoiando e dando forças, sendo paciente e compreensivo, por sempre cuidar de mim mesmo com seu tempo muito corrido, serei eternamente grata.

À professora Ludimilla da Silveira, minha orientadora, por todo direcionamento nesta pesquisa e pelo conhecimento compartilhado.

E a todos os professores da Uemasul, por todo o conhecimento compartilhado, que contribuíram para a minha formação profissional.

RESUMO

O desenvolvimento crescente no ramo da construção civil nas últimas décadas trouxe consigo inúmeras possibilidades da utilização de materiais e métodos construtivos para atender a demanda progressiva por edifícios, sendo estes industriais, habitacionais, comerciais, entre outras finalidades. Mesmo com o aprimoramento das técnicas construtivas e dos materiais utilizados nessa área, algumas edificações começaram a apresentar um desempenho abaixo do esperado devido a erros cometido ao longo do processo de construção dessas edificações ou até mesmo por ação de agentes degradadores. As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções e pode ter diversas causas e consequências. Dentre essas patologias, destacam-se as estruturais, sendo que as mesmas são objetos de estudo da presente pesquisa. A ação do ambiente nas estruturas ou a má execução dessas estruturas, pode determinar um dano significativo, acometendo a estética e a segurança das edificações. Por esse motivo, o objetivo principal deste trabalho foi realização de um levantamento das principais manifestações patológicas que ocorrem em estruturas de concreto armado, identificando as causas mais comuns de degradação e as formas de reparo e recuperação. O trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisa bibliográfica, em livros e artigos, entre outras bibliografias e através de estudo de casos de manifestações patológicas em duas edificações residenciais na cidade de Imperatriz – MA. Com a realização deste estudo pode-se entender a gravidade dos futuros problemas causados na obra quando se tem projetos falhos, com falta de detalhamento, e da má execução e a indevida inspeção do engenheiro responsável, como também pela ação de agentes degradadores presentes no meio ambiente.

Palavras-chaves: Manifestações Patológicas; patologias; causas; danos.

ABSTRACT

The fast-paced development of civil construction in recent decades has brought with it countless possibilities for the use of materials and construction methods to meet the progressive demand for buildings, whether industrial, residential, commercial, among other purposes. Even with the improvement of construction techniques and materials used in this area, some buildings began to perform below expectations due to mistakes made during the construction process of these buildings or even by the action of harmful agents. Pathologies in buildings are the main problems that compromise the useful life of buildings and can have different causes and consequences. Among these pathologies, the structural ones stand out, and they are the objects of study of this research. The action of the environment on the structures or even the poor execution of these structures can determine significant damage, affecting the aesthetics and safety of buildings. For this reason, the main objective of this work was to carry out a survey of the main pathological manifestations that occur in reinforced concrete structures, identifying the most common causes of degradation and the forms of repair and recovery. The work was developed from bibliographical research, in books and articles, among other bibliographies and through case studies of pathological manifestations in two residential buildings in the city of Imperatriz - MA. With the accomplishment of this study, it is possible to understand the seriousness of the future problems caused in the work when there are flawed projects, with lack of detail, and the bad execution and the improper inspection of the responsible engineer, as well as the action of degrading agents present in the environment.

Keywords: Pathological Manifestations; pathologies; causes; damage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manifestação patológica em parede de alvenaria: fissuração.....	16
Figura 2 - Manifestação patológica em parede de alvenaria: descascamento da pintura devido a umidade no rodapé da parede	16
Figura 3 - Bolor em parede revestida de concreto.....	21
Figura 4 - Eflorescência em pilar	22
Figura 5 - Fissura causada pela atuação de cargas verticais	24
Figura 6 - Fissura causada pela atuação de cargas verticais	24
Figura 7 - Fissuração provenientes de recalque diferencial	26
Figura 8 - Fissuração por recalque diferencial devido a influência de edificações vizinhas.	27
Figura 9 - Trinca por recalque diferencial devido a sobrecargas desbalanceadas	28
Figura 10 - Trinca por recalque devido a camadas de solo não homogêneas	28
Figura 11 - Trinca por recalque diferencial causado pelo rebaixamento aquífero	29
Figura 12 - Fachada da edificação 1	35
Figura 13 - Fachada da edificação 2	35
Figura 14 - Fluxograma do procedimento	36
Figura 15- Fissurômetro	37
Figura 16 – Rachadura manifestada entre duas paredes	38
Figura 17 - Medição da rachadura	39
Figura 18 - Trinca em canto de janela	40
Figura 19 - Medição da trinca	40
Figura 20 - Fissura ocasionada pela falta de verga e contraverga	41
Figura 21 - Fissura entre duas paredes	42
Figura 22 - Rachadura no encontro entre uma viga e parede	43
Figura 23 - Medição da rachadura	43
Figura 24 - Trinca no pilar de canto do quarto	44
Figura 25 - Aparecimento de bolor no peitoril da janela	45
Figura 26 - Rachadura no canto superior da abertura da porta	45
Figura 27 - Trinca no canto superior da abertura da porta	46
Figura 28 - Surgimento de bolor e descascamento da pintura devido a infiltração de água .	47
Figura 29 - Bolor e descascamento da pintura devido a infiltração de água.....	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. OBJETIVOS	12
1.1.1. Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2. JUSTIFICATIVA	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCEITOS BÁSICOS.....	14
2.2 PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	14
2.2.1 Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações	17
2.3 PRINCIPAIS PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES	19
2.3.1 Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência	20
2.3.2 Fissuras, trincas e rachaduras	22
2.3.3 Corrosão das armaduras	24
2.3.3.1 Despassivação por Cloretos.....	25
2.3.3.2 Despassivação por Carbonatação	26
2.4 RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES.....	26
2.5 DETERIORAÇÃO NAS ESTRUTURAS	29
2.6 TÉCNICAS DE REPARO	31
2.6.1 Reparo de fissuras, trincas e rachaduras.....	32
2.6.2 Reforços com concreto armado	32
2.6.3 Reforços com perfis metálicos	33
2.6.4 Reforços com materiais poliméricos	33
3. METODOLOGIA	34
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	34
3.1.1. Quanto aos procedimentos técnicos	34
3.2. LOCAL DE ESTUDO.....	34
3.2.1 Coleta e análise dos dados	35
3.2.2 Visitas e inspeções no local de estudo	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1. ESTUDO DE CASO 1 – EDIFICAÇÃO 1	38
4.2. ESTUDO DE CASO 2 – EDIFICAÇÃO 2	45
5. CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

Na construção civil, o avanço tecnológico nas últimas décadas trouxe consigo inúmeras possibilidades da utilização de materiais e métodos construtivos para atender a demanda progressiva por edificações, sendo estas industriais, habitacionais, comerciais, entre outras finalidades, impulsionando a modernização da sociedade, isso provocou um salto científico e tecnológico (COSTA, 2021).

Mesmo com o surgimento de diversas tecnologias e materiais, o concreto é um dos materiais mais utilizado no mundo nas construções. O concreto depois da água é o material que mais se consome na construção civil, isso é devido as suas características de durabilidade, resistência, plasticidade (dar forma aos constituintes da estrutura por sua execução no canteiro dentro de fôrmas e moldes O concreto é o material estrutural mais largamente aplicado na construção civil, mundialmente, desde o final do século 19 e até o presente, e provavelmente continuará pelas décadas futuras, é geralmente a solução mais econômica, para a maioria dos casos. Sua versatilidade não é alcançada por outros materiais (BASTOS, 2021).

O concreto (uma mistura feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água) por si só, é um material que resiste às tensões de compressão de uma estrutura. Possui uma baixa resistência à tração. Para solucionar este problema, são adicionadas ao sistema as barras de aço, que compõem a armadura da estrutura, resultando em um conjunto concreto mais armadura que suporta as duas tensões: compressão e tração (BASTOS, 2021). O termo “concreto armado” é, portanto, o somatório destes dois materiais (concreto e barras de aço) que, trabalhando juntos, conseguem dar estabilidade às estruturas (BASTOS, 2021).

Embora apresente excelentes resultados de desempenho e qualidade, o concreto armado requer certos cuidados na sua elaboração, visando otimizar a vida útil e desempenho. A correta execução envolve estudo do traço, além da dosagem, manuseio e cura adequados, a manutenção preventiva periódica e a proteção contra agentes agressivos, caso contrário isso pode contribuir para o surgimento de manifestações patológicas que comprometem a vida útil e a segurança das estruturas (SCHEIDEGGER, 2019).

A Patologia das Estruturas é o campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo dos fatores, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (ARIVABENE, 2015). As patologias em edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções.

A durabilidade é um fator importante quando se trata de patologia no concreto, ela é o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes funções de durabilidade no tempo, segundo suas diversas partes, até dependente da forma de utilizá-la (MEDEIROS, 2011).

As origens das várias manifestações patológicas que podem surgir nas edificações ao longo sua vida útil são as mais distintas possíveis. Estudiosos mostram que certos tipos de problemas estão mais sujeitos a acontecerem com maior frequência em alguns países e que alguns lugares conseguem um conhecimento mais amplo em relação às estruturas de concreto armado (NEVES, 2019).

Mesmo com a avanço tecnológico ao longo do desenvolvimento da engenharia civil, muitas estruturas de concreto armado apresentam desempenho insatisfatório, em virtude da ocorrência de falhas involuntárias, utilização de materiais de baixa qualidade, envelhecimento natural, erros de projeto, falta de manutenção, entre diversos outros fatores que contribuem para a degradação das estruturas (NEVES, 2019).

Em vista desses problemas, que cresceram de modo significativo, cada vez mais, aumenta a grande preocupação com qualidade do concreto, para que se obtenha a durabilidade necessária, fator importante para diminuir o risco de possíveis manifestações patológicas (MEDEIROS, 2011).

Em virtude disso, a exigência por produtos e serviços de qualidade, e visto também que há uma deficiência de formação e preparo de profissionais nos diferentes níveis que atuam na área de construção civil no planejamento e execução de manutenção das construções, pós-conclusão, e na identificação, diagnóstico e solução de problemas patológicos, o estudo das patologias nas construções se torna fundamental para identificar corretamente as anomalias e problemas que venham acometer a segurança e a vida útil da edificação (SENA, 2020).

Diante disso, a importância da realização do presente trabalho de conclusão de curso se deve à necessidade de conhecer e compreender os tipos mais comuns de manifestações patológicas, abordando estudos de casos em algumas edificações da cidade de Imperatriz – MA, levantando os seguintes questionamentos: Quais as patologias mais frequentes e quais suas possíveis causas?

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Realizar o levantamento das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, identificando as causas, recuperação e reforço.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar o estudo das principais manifestações patológicas nas construções, principalmente em estruturas de concreto armado;
- Analisar quais as principais causas do aparecimento dessas manifestações patológicas;
- Apresentar as formas de reparo e recuperação das estruturas degradadas.

1.2. JUSTIFICATIVA

No passado, era comum pensar que as estruturas de concreto armado fossem inerentemente duráveis e imunes à degradação, mesmo quando executadas sem muitos cuidados e expostas a ambientes agressivos. A partir dos anos 1980, diante dos crescentes casos de degradação, riscos de segurança e altos custos de manutenção, essa perspectiva mudou extremamente e se teve uma preocupação maior em prevenir a deterioração do concreto e, sobretudo, a corrosão das armaduras (BERTOLINI, 2015).

Os efeitos degenerativos nas estruturas de concreto podem se manifestar através de manchas, quando ocorre a corrosão nas armaduras, seguidas de fissuras, que podem evoluir para trincas e rachaduras, comprometendo a estética e segurança estrutural da edificação (SALES et al, 2020).

Várias são as vezes em que o profissional de engenharia civil se vê diante de um problema de patologias em estruturas. Devido à complexidade do processo, em muitas situações, não é fácil nem rápido justificar o porquê de uma estrutura degradada quando tantas outras, em tudo semelhantes e similares, não apresentam ou até nunca apresentarão o problema, avaliar corretamente os sintomas é fundamental para um correto diagnóstico da causa principal da manifestação patológica (CAVALCANTE, 2020).

Diante disso, se torna necessário dar importância ao estudo das causas desses problemas patológicos nas estruturas de concreto armado, analisar e buscar soluções para o tratamento correto de fissuras, trincas, rachaduras e demais patologias, afim de ampliar o tempo de vida

útil das edificações, manter a segurança da mesma e evitar que ocorra o aparecimento de futuras manifestações patológicas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo abordaremos os conceitos básicos acerca das patologias em estruturas de concreto e o desempenho das edificações, assim como quais as principais manifestações patológicas e suas principais causas.

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCEITOS BÁSICOS

A Engenharia Civil é uma área que está em constante evolução, seja do ponto de vista dos materiais utilizados para as construções, seja das técnicas construtivas empregues, incluindo a modernização das máquinas e equipamentos, métodos de projeto e construtivos (SOUZA e RIPPER, 1998). O rápido crescimento da construção civil instigou a busca por inovações, resultando também na aceitação de certos riscos, que demandam um maior conhecimento sobre estruturas e materiais (MEDEIROS, 2011).

Mesmo com o aprimoramento das técnicas construtivas e dos materiais utilizados nessa área, algumas edificações começaram a apresentar um desempenho abaixo do esperado devido a erros cometido na execução dessas edificações ou até mesmo por ação de agentes nocivos (SCHEIDEGGER, 2019).

O descuido, a escassez de conhecimento na área da construção, a diminuição de custos e o cumprimento de prazos, geram deficiências generalizadas na construção civil (SCHEIDEGGER, 2019). As alterações ambientais, causadas pela ação do homem, como inversão térmica, erosão, chuvas ácidas, reações álcali-agregados, entre outras, aceleram os processos de deterioração, trazendo os mais variados tipos de patologia às estruturas (WEIMER, 2018). A partir dessa deterioração ou degradação das edificações, comumente são encontradas manifestações patológicas indesejáveis sob aspecto estético, de conforto e até da segurança estrutural, além da redução da durabilidade da edificação.

2.2. PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A palavra patologia é derivada do grego (pathos– doença, e logia – ciência, estudo) e significa “estudo da doença”, na construção civil patologia se refere ao estudo dos danos encontrados nas edificações, ocorrências de problemas, de falhas ou de defeitos que comprometem uma ou mais das funções do edifício, estuda os indícios, sinais, mecanismos, causas, origens e consequências das deficiências das construções (SENA, 2021). Essas patologias conseguem se manifestar de diversas formas: trincas, fissuras, rachaduras, manchas,

erosão e desgastes, entre outras. Por ter uma variabilidade de aspectos, é conhecida como manifestação patológica (SENA, 2021).

A patologia das construções é um ramo da engenharia que estuda, de modo geral, as causas, origens, mecanismos de manifestação das falhas nas obras (SENA, 2020). Na maioria das vezes, o diagnóstico das manifestações patológicas pode ser feito apenas através de inspeção visual. No entanto, quando estamos diante de casos que apresentam problemas mais complexos, é relevante investigar o projeto e averiguar as cargas a qual foi submetida à estrutura, além disso, deve-se também analisar cautelosamente como se deu a execução da obra, incluindo, o estudo do comportamento da manifestação quando submetida a determinados estímulos. Com isso, a identificação das causas destes problemas se torna possível para seguir com medidas corretivas com intuito de evitar que as manifestações patológicas ocorram repetidamente (ARIVABENE, 2015).

Segundo Weimer et al (2018), semelhantemente à patologia em outras áreas, como na medicina, além do estudo e reconhecimento das causas desses defeitos, há outros termos que podem ser empregados em edificações (CAPORRINO, 2018):

- Profilaxia: é o conjunto de medidas preventivas que devem ser consideradas para evitar uma manifestação patológica e sua propagação;
- A manifestação patológica: é a causa, o sintoma (defeito) que a estrutura apresenta;
- Diagnóstico: diz a respeito da classificação do problema, na engenharia significa o estágio de identificação da causa, origem e do mecanismo responsável pela manifestação patológica;
- Prognóstico: é apresentado com base no diagnóstico e possibilidades terapêuticas, mostra o progresso da manifestação patológica, em que o objetivo seria estipular qual seria a evolução da manifestação patológica no decorrer do tempo.
- Terapia: é as medidas estabelecidas para o tratamento e a correção das anomalias identificadas.

O diagnóstico de uma manifestação patológica deve compreender os vários pontos do problema que a estrutura apresenta (WEIMER, et al, 2018). Ainda segundo Weimer, et al (2018), para realizar o diagnóstico é considerável a identificação de alguns fatores:

- Sintomas: Indica que há uma patologia, que existe um mecanismo de degradação na estrutura, podendo ser identificados e classificados mediante inspeções visuais. Entre os sintomas mais comuns estão: as fissuras, trincas ou rachaduras, manchas em estruturas de

concreto, as eflorescências, bolores, corrosão das armaduras, as deformações ou flechas excessivas, entre outros.

A figura 1 mostra um tipo de patologia muito frequente, que são fissuras, e figura 2 mostra umidade nos rodapés da edificação.

Figura 1 - Manifestação patológica em parede de alvenaria: fissuração.



Fonte: Weimer, 2018.

Figura 2 - Manifestação patológica em parede de alvenaria: descascamento da pintura devido a umidade no rodapé da parede.



Fonte: Autora, 2022.

- Causa: está ligada ao agente causador da manifestação, que podem ser diversos, como por exemplos as cargas em que uma estrutura está sujeita, variações de umidade e de

temperatura, incompatibilidade de materiais, má execução na construção da edificação, entre outros.

- **Origem:** Para o diagnóstico correto da patologia, deverá identificar em qual etapa construtiva da edificação (planejamento, o projeto, a fabricação de materiais, a execução da edificação, etc.), o fenômeno patológico teve início, sendo possível averiguar, por exemplo, se as fissuras em uma viga foram devidas a falhas no projeto, da utilização de um aço inferior ou de um concreto de baixa resistência ou ainda colocação de sobrecarga sobre a estrutura.

- **Mecanismo:** está ligado ao processo decorrente da qual a manifestação se instala, que envolve agentes agressivos externos ou internos à estrutura, isso interfere na sua identificação, sendo fundamental para escolher o método de tratamento adequado.

- **Consequências:** Uma estrutura pode ter seu comportamento geral afetado devida a manifestações patológicas, influenciando, sobretudo, de dois modos: quando envolvem apenas as condições de segurança (estados limites últimos) ou quando envolvem apenas condições de utilização e funcionamento da construção (estados limites de serviço). Os danos já existentes tendem a piorar com o tempo e causar mais problemas ainda, devendo ser remediados o quanto antes.

2.2.1. Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações

A norma brasileira ABNT NBR 15575-1/2021 – Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais, estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais, como um todo integrado, bem como a serem avaliados de forma isolada para um ou mais sistemas específicos.

A norma traz preocupações com a expectativa de vida útil das edificações residenciais, o desempenho, a eficiência, a sustentabilidade e a manutenção, que em resumo, se insere no fator de qualidade do edifício entregue aos usuários. Esse nível de desempenho, muitas vezes, dependerá do desempenho dos materiais utilizados, sendo assim pode-se inferir para que uma edificação tenha um bom desempenho, além de atender às exigências e necessidades dos usuários, é primordial que o comportamento dos materiais e de todos os componentes e elementos que a compõem sejam igualmente avaliados (ABNT NBR 15575-1/2021).

Dessa maneira, durabilidade e vida útil são termos associados, mas possuem significados diferentes. Entende-se como durabilidade o parâmetro que relaciona a aplicação da particularidade da degradação do material estrutural e sistema construtivo, distinguindo-as

pelo diagnóstico que dará aos efeitos da agressividade ambiental da construção, e definindo, então, a vida útil da mesma (RIPPER, 1998).

A vida útil, em contrapartida, é o tempo de desempenho da edificação para o uso que lhe foi determinado, em níveis satisfatórios, levando em conta a execução de estratégias de manutenção necessárias (WEIMER, et al, 2018).

As manifestações patológicas estão relacionadas de modo direto à perda de desempenho de uma estrutura, se manifestando mais comumente durante a etapa de utilização da edificação, após a execução. Estudos realizados em diversos países mostram que, entre as três etapas básicas do processo construtivo – concepção, execução e utilização -, a maioria das manifestações patológicas têm origem nas fases de concepção do projeto e no processo construtivo (execução do projeto) (WEIMER, et al, 2018).

No estágio de concepção do projeto da edificação, as falhas podem ocorrer ao longo do estudo preliminar, anteprojeto ou ainda na composição do projeto de execução. A avaliação inadequada de cargas atuantes ou de resistência do solo, a insuficiência de cálculos estruturais, materiais especificados indevidamente, a incompatibilização dos projetos arquitetônicos e complementares, detalhamento de armaduras escasso são alguns exemplos de falhas que ocorrem nessa fase (TUKITIAN, et al, 2013).

Na etapa de execução, a falta de planejamento das etapas construtivas, de cuidados com as condições de trabalho e consequente desmotivação dos trabalhadores, a ausência de controle de qualidade da execução, a contratação de mão de obra sem qualificação, aquisição de materiais e componentes de baixa qualidade e irresponsabilidades técnicas são alguns exemplos das falhas nessa etapa construtiva que pode contribuir para as manifestações patológicas (WEIMER, et al, 2018).

A qualidade de uma edificação é uma das características que ela possui, levando em conta a satisfação do usuário, a economia na sua execução, a sustentabilidade e a proteção dos trabalhadores, e está ligada diretamente em como foi realizado o projeto e a construção da edificação. Na norma ABNT NBR 15575, apresenta os requisitos de desempenhos, que representam qualitativamente os atributos que uma edificação deve ter, são classificados em:

- Requisitos de segurança: segurança estrutural, contra fogo e durante o uso.
- Requisitos de habitabilidade: estanqueidade; desempenho térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade, conforto tátil e antropo dinâmico.
- Requisitos de sustentabilidade: durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.

2.3. PRINCIPAIS PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES

Existem diversas patologias que ocorrem nas construções, que podem acometer cada item de uma edificação, como as fundações, estruturas, alvenaria, revestimentos, esquadrias, entre outras. Para cada uma desses componentes da edificação, podem aparecer uma infinidade de sintomas e/ou manifestações que requerem orientações, reparos e cuidados. (PINHEIRO, 2018).

As origens das desagregações são geralmente ataques químicos, especialmente sulfatos e cloretos. O processo é lento e geralmente começa com uma mudança na coloração, seguida pela formação de fissuras ou rachaduras intertravadas que aumentam progressivamente. Então a superfície é enrolada, até que desce e desintegra a massa do concreto (PINHEIRO, 2018).

Nos quadros 1 e 2 são apresentadas algumas das manifestações patológicas mais relevantes e/ou frequentes e suas possíveis causas.

Quadro 1 - Principais manifestações patológicas em edificações.

Local	Patologia	Causas
Fundações	<ul style="list-style-type: none"> ● Recalques ● Rachaduras 	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacidade de carga do solo; ● Má concepção do projeto
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> ● Flecha (deformação) ● Carbonatação 	<ul style="list-style-type: none"> ● Problemas de mal dimensionamento ● Falta de cobrimento adequado na estrutura (2 cm)
Argamassa de assentamento (tijolo)	<ul style="list-style-type: none"> ● Descolamento ● Falta de aderência 	<ul style="list-style-type: none"> ● Traço fraco ● Tempo excedido e argamassa ressecada
Alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> ● Planeza ● Falta de resistência 	<ul style="list-style-type: none"> ● Paredes foram de planeza ● Rachadura frequente
Argamassa de reboco	<ul style="list-style-type: none"> ● Desplacamento ● Falta de aderência 	<ul style="list-style-type: none"> ● Traço fraco ● Inexistência de chapisco
Contrapiso	<ul style="list-style-type: none"> ● Opacidade ● Rachaduras 	<ul style="list-style-type: none"> ● Problemas com o traço ● Má compactação
Pintura	<ul style="list-style-type: none"> ● Bolhas (aspecto casca de laranja) ● Desbotamento 	<ul style="list-style-type: none"> ● Problemas de mal dimensionamento ● Falta de cobrimento adequado na estrutura (2 cm)
Revestimento cerâmico	<ul style="list-style-type: none"> ● Descolamento ● Falta de aderência 	<ul style="list-style-type: none"> ● Traço fraco ● Tempo excedido e argamassa ressecada

Impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> ● Infiltração na cobertura ● Manta asfáltica soltando 	<ul style="list-style-type: none"> ● Problemas na instalação (emendas ou falta de cuidado) ● Problema de aderência entre o substrato e a manta – verificar piso de regularização
Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> ● Vazamento ● Barulho frequentes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Falta de limpeza nas calhas ● Falta de encaixe nas telhas

Fonte: Adaptado de Sena (2021).

2.3.1. Infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência

As manifestações patológicas encontradas com maior frequência são: infiltrações, manchas, bolor ou mofo e eflorescência (CAVALCANTE, 2020).

Um das características mais marcantes que causam manifestações patológicas nas edificações é a umidade. A infiltração é o resultado de um processo onde a quantidade de água contida em um substrato se torna tão grande que, a mesma flui ou até mesmo goteja através desse substrato. Essa água que se aglutinou no substrato ocasionará o que chamamos de mancha (CAVALCANTE, 2020).

O bolor ou mofo é entendido como sendo a colonização por diversas populações de fungos filamentosos sobre os vários tipos de substrato, os quais formam manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, marrom e verde (SCHEIDEGGER, 2019). A presença do bolor indica um alto grau de umidade e presença de organismos vivos que se proliferam devido a esse alto teor de umidade na estrutura (SENA, et al, 2020).

Essa umidade elevada pode ser provocada pela umidade na obra na etapa de construção ainda, por infiltrações, umidade proveniente do solo (infiltração por capilaridade), condensação do vapor da água, ambientes com pouca ventilação e baixa incidência de radiação solar (SENA, et al, 2020). A figura 3 apresenta um exemplo de bolor em parede.

Figura 3 - Bolor em parede revestida de concreto.



Fonte: G1 – Mercado Imobiliário (2017).

Eflorescência são formações salinas que ocorrem nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade (SCHEIDEGGER, 2019). A eflorescência é um sintoma da patologia na estrutura que traz prejuízo a estética, ainda mais quando há o contraste de sais com outros substratos (MORAIS, et al, 2020). Além de prejudicar a aparência física, os sais causadores da manifestação patológica podem ser agressivos e resultar em degradação profunda da estrutura, com possibilidade de atingir o aço e causar sérios problemas (GRANATO, 2012).

As eflorescências são mais comumente encontradas em estruturas têm contato direto com água, como por exemplo lajes de sustentação de caixa d'água, elementos estruturais de fachadas que estão sujeitos a infiltrações e em áreas em concreto com alta permeabilidade e porosidade (SENA, et al, 2020).

Analisando quimicamente, essa manifestação patológica é motivada pela concentração de sais de metais alcalinos tais como potássio e sódio, além de alcalino-ferrosos com magnésio e cálcio quando esses em uma solução aquosa (DIAS, 2012).

Apresentam-se na forma de manchas brancas na superfície de estruturas de concreto devido a solubilidade do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) presente no concreto, na presença de umidade formando uma concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3), provocada pela evaporação da água e na reação do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ com CO_2 (SENA, et al, 2020). A figura 4 exemplifica a aparência de uma eflorescência.

Figura 4 - Eflorescência em pilar.



Fonte: Morais, et al, 2020.

2.3.2. Fissuras, trincas e rachaduras

Fissuras, trincas e rachaduras podem ser classificadas conforme se apresentam suas aberturas e ordem de gravidade de cada uma. São denominadas, geralmente, em função de fenômenos físicos entre diferentes elementos da construção, sendo a solução e o tratamento diferentes para cada uma delas (LOTTERMANN, 2013).

As fissuras e trincas são os sintomas patológicos mais comumente encontrados, que indica adversidades nas estruturas, e têm causas muito variadas, podendo ser indicadas suas causas analisando a sua posição em relação à peça estrutural ou a abertura, a direção, e sua forma de evolução (com relação à direção e à abertura) (RIPPER, 1998).

A norma ABNT NBR 15575:2021 define fissura como sendo o seccionamento na superfície ou em toda seção transversal do componente, com abertura capilar, provocado por tensões normais ou tangenciais. As fissuras configuram-se, comumente, por aberturas mais afuniladas na superfície de um material, e são de gravidade menor e superficial.

Segundo Morais et al (2020) existem vários tipos de fissuras, tais como: fissuras por retração hidráulica, fissura devido a variação de temperatura, fissura devido a flexão, fissura devido ao cisalhamento, fissuras devido a compressão e fissuras devido a punção. Esse tipo de patologia é bastante comum e antigo, em obras em que se utilizam o concreto é comum o aparecimento desse sintoma, seja ainda recente o lançamento do concreto na fôrma ou depois de algum período.

As trincas são consideradas aberturas mais acentuadas e é caracterizada pela separação entre porções do elemento, ou seja, abertura no material em que a trinca está inserida está separado em duas partes. As trincas indicam menor segurança da estrutura do que as fissuras, pois apresentam ruptura dos elementos, e assim comprometem a durabilidade da estrutura da edificação (LOTTERMANN, 2013).

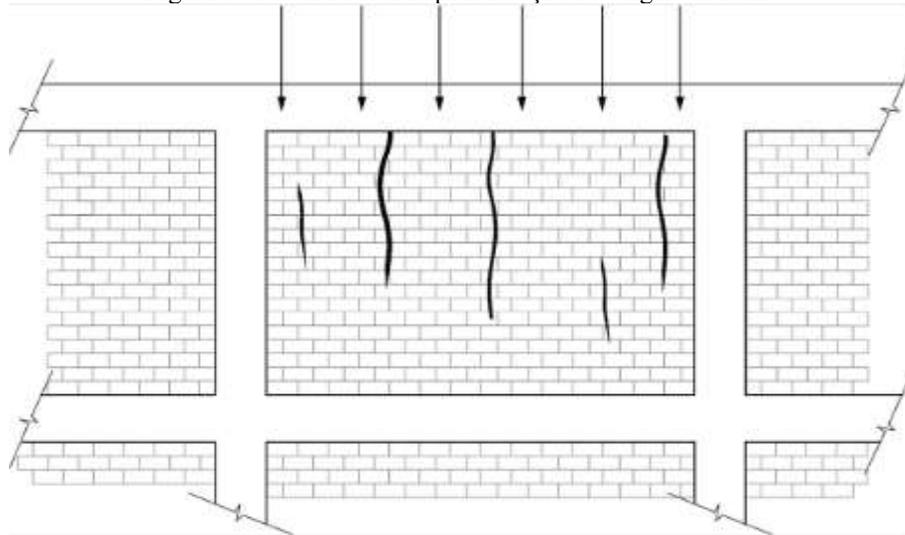
De acordo com a ABNT NBR 9575:2003 - Impermeabilização - Seleção e Projeto, as trincas são aberturas ocasionadas por ruptura de um material ou componente com abertura superior a 0,5 mm e inferior a 1,5 mm. A parte 2 da norma ABNT NBR 15.575:2013 apresenta as trincas coloquialmente como fissuras com abertura maior ou igual a 0,6mm. As medidas nem sempre são seguidas à risca pelas normas, dessa forma são feitas diversas interpretações e têm muita significância em termos de aceitação.

As trincas podem ter diversas causas, dentre elas estão o preparo inadequado da argamassa, quando a argamassa apresenta alta relação água/cimento ou quando há cimento em excesso em sua composição, também ocorrem por falta de intertravamento (amarração) dos blocos cerâmicos, falta de juntas de dilatação em revestimentos ou em estruturas de concreto com grande extensão, dessa forma, as trincas podem se manifestar de variados formatos e aberturas (GRANATO, 2012).

As rachaduras apresentam as mesmas particularidades que as trincas, de separação entre partes do elemento, se diferenciando pela abertura ser de grandeza maior, profunda e acentuada, sendo mais perceptíveis devido à amplitude de aberturas (LOTTERMANN, 2013). Segundo Morais, et al (2020), as rachaduras apresentam aberturas mais acentuadas, da ordem de 1,5 mm a 5,0 mm.

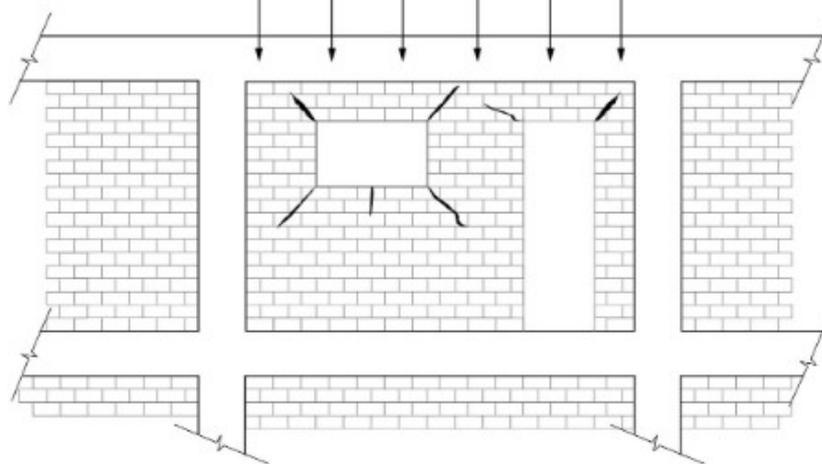
Segundo Caporrino (2018) as aberturas podem ocorrer também devido a sobrecargas dos elementos estruturais (ou pela falta dele) na alvenaria não estrutural, a qual não é projetada para resistir à atuação de cargas verticais além do seu peso próprio e de pequenas cargas de ocupação, a configuração de fissuras quando isso ocorre está representada na figura 5 e 6.

Figura 5 - Fissura causada pela atuação de cargas verticais.



Fonte: Caporrino, 2018.

Figura 6 - Fissura causada pela atuação de cargas verticais.



Fonte: Caporrino, 2018.

2.3.3. Corrosão de armaduras

Segundo Sena et al (2020), a corrosão das armaduras é um fenômeno que ocorre mais comumente em estruturas de concreto armado. Trata-se de uma interação destrutiva de um material com meio ambiente, submetidas a temperaturas ambientais usuais, acima de 5°C e

abaixo de 65°C, desencadeando reações de natureza química ou eletroquímica (RIBEIRO, et al, 2021).

As manifestações da corrosão da armadura de estruturas de concreto se apresentam na forma de manchas superficiais de coloração marrom, seguidas por fissuras, destacamento do concreto de cobertura, redução da seção da armadura transversal, podendo levar a fragmentação dos estribos, redução eventual e diminuição da aderência das armaduras longitudinais, que levam ao comprometimento estrutural e estético da estrutura (RIBEIRO, et al, 2021).

Alguns fatores contribuem para o que ocorra a corrosão, que estão diretamente relacionadas com o meio ambiente, como: a presença de água, de ar, superfície anódica, superfície catódica, um condutor metálico (armadura) e um eletrólito (solução aquosa existente no concreto) (SENA, et al, 2020). Pode ser causada pelos mecanismos apresentados a seguir.

2.3.3.1. Despassivação por Cloretos

O elevado teor de íons-cloro, pode causar um rompimento na parcela passiva do concreto (NADALINI e BISPO, 2017).

A camada de passivação do concreto é formada por uma película protetora que, em ambiente altamente alcalino, tem caráter passivo. Esse ambiente alcalino é devido a hidratação dos silicatos de cálcio, que liberam uma porcentagem de hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , presente na matriz do cimento, com pH a ordem de 12,6, à temperatura ambiente, que confere uma passivação do aço, na região de equilíbrio do Fe_2O_3 e Fe_2O_4 (RIBEIRO, et al, 2021).

Essa proteção só é garantida graças o cobertura de concreto, que protege essa película protetora contra danos mecânicos e ao mesmo tempo, mantém sua estabilidade, sabendo-se que o de hidróxido de cálcio tem reatividade com o gás carbônico existente na atmosfera (SILVA, et al, 2021).

A incorporação dos íons cloretos podem ocorrer durante o preparo do concreto, através da água de amassamento contaminada, utilização de agregados miúdos ricos em cloretos como a areia de praia, e também pela adição de aceleradores de endurecimento. Ao reagir com cloretos, as armaduras podem sofrer despassivação mesmo diante de alto valor de pH do concreto, e durante essas reações há a liberação final dos íons de cloretos, que ficam livres para reagir com o Ferro presente nas armaduras de aço (SENA, et al, 2020).

2.3.3.2. Despassivação por Carbonatação

A carbonatação ocorre quando o gás carbônico (CO_2) que se encontra na atmosfera, permeia pelos poros do concreto, podendo atingir a armadura e danificá-la. Ao reagir com o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) presente no cimento, resulta no carbonato de cálcio (CaCO_3), provocando o desaparecimento do hidróxido de cálcio na parte de dentro dos poros da pasta do cimento hidratado que reduz o pH do concreto para grandezas inferiores, algo em torno de 9, retirando a película protetora de teor alcalino exercida sobre o concreto (MORAIS, et al, 2020).

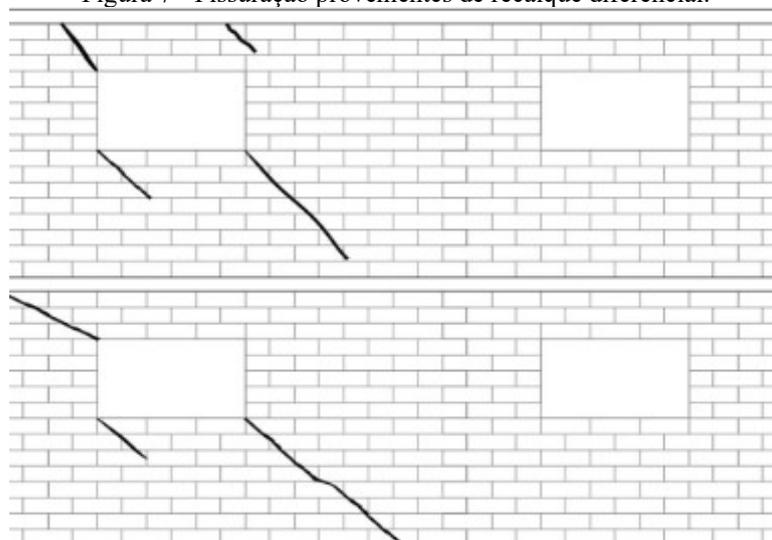
Segundo Sena et al (2020) a corrosão na armadura se inicia quando a carbonatação adentra todo o cobrimento de concreto da estrutura e alcança a armadura, causando sua despassivação.

2.4. RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES

O recalque diferencial de fundações também pode provocar fissurações nas edificações, ele ocorre quando o valor de deformação do solo (afundamento) é grande e quando alguns pontos da edificação recalcam mais que outros. Além de ocasionar o afundamento, pode transmitir esforços não previstos na estrutura, sendo capaz de levar ao rompimento de algumas partes, em certos casos (BOTELHO, 2016).

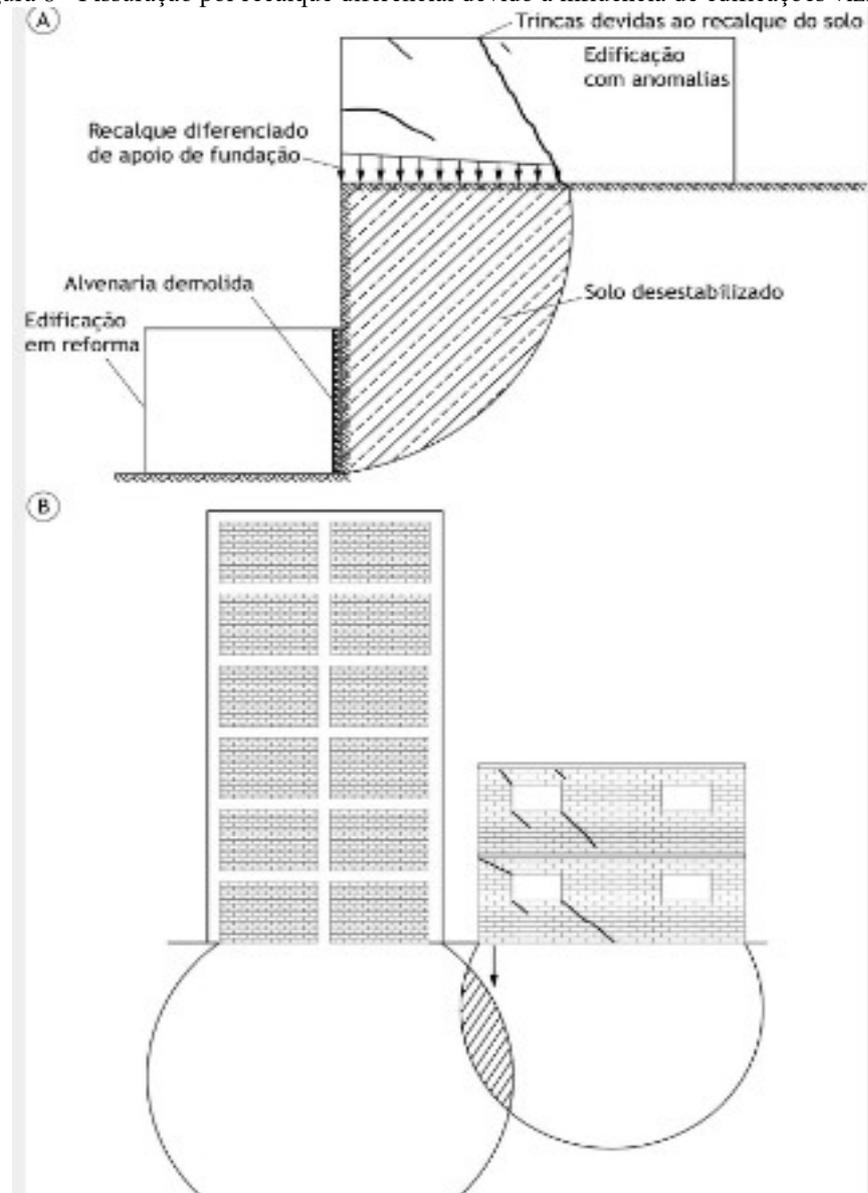
Segundo Caporrino (2018), o recalque diferencial pode se originar devido a falhas no projeto estrutural, rebaixamento do lençol freático, camadas de solo com resistências divergentes pela extensão da edificação, influência de edificações vizinhas (figura 8), entre outras. Um exemplo de fissuração devido ao recalque diferencial é mostrado na figura 7.

Figura 7 - Fissuração provenientes de recalque diferencial.



Fonte: Caporrino, 2018.

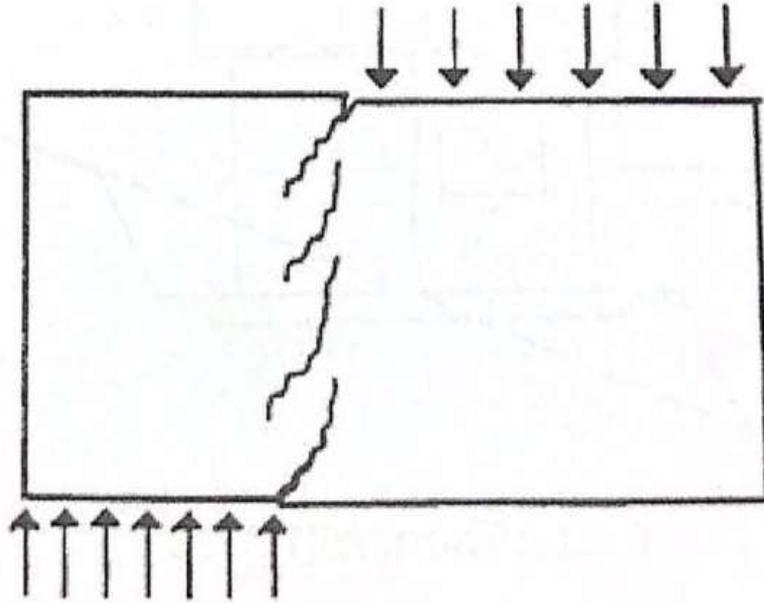
Figura 8 - Fissuração por recalque diferencial devido a influência de edificações vizinhas.



Fonte: Caporrino, 2018.

A figura 9 exemplifica o recalque em fundações contínuas devido a carregamentos desbalanceados. A parte que sofre maior carregamento apresenta o maior recalque e consequentemente o aparecimento de trincas de cisalhamento.

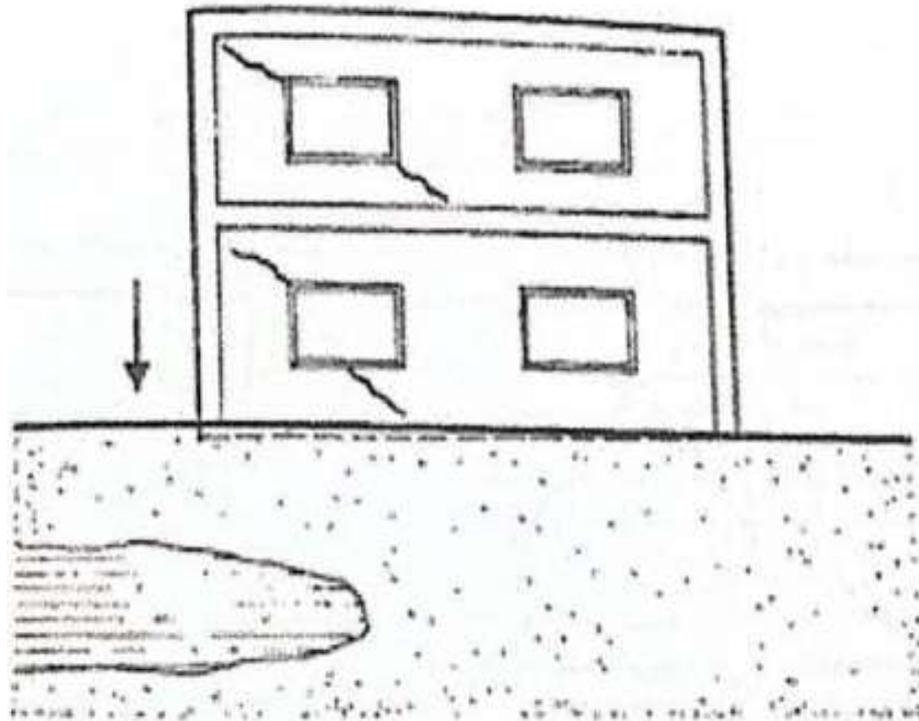
Figura 9 - Trinca por recalque diferencial devido a sobrecargas desbalanceadas.



Fonte: Sena, et al, 2020.

Na figura 10 é mostrado como as trincas se manifestam quando ocorre o recalque devido a camadas de solo divergentes pela extensão da edificação.

Figura 10 - Trinca por recalque devido a camadas de solo não homogêneas.

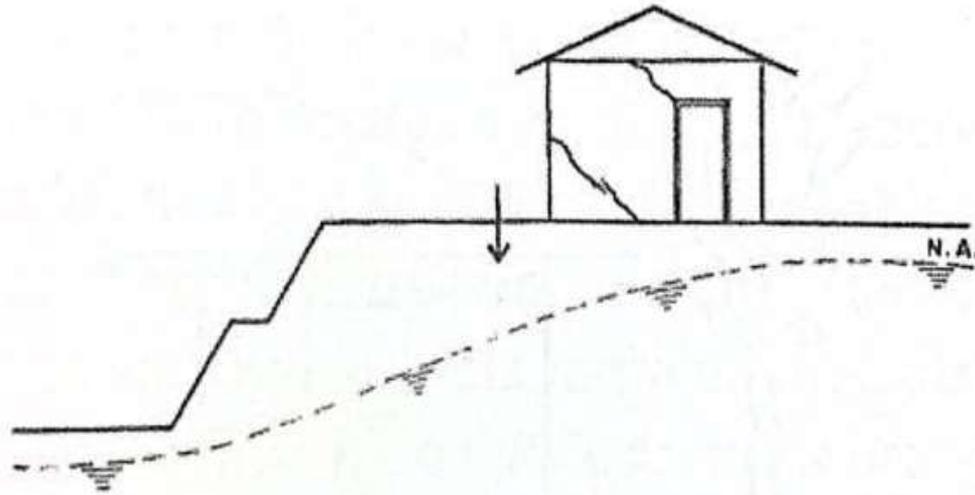


Fonte: Sena, et al, 2020.

Outra causa frequente de recalques diferenciais é a variabilidade do teor de umidade no terreno da edificação, ocasionados por chuvas, seca prolongada, absorção por plantas,

evaporação e rebaixamento do nível de água naturalmente (SENA, et al, 2020), conforme mostra figura 11.

Figura 11 - Trinca por recalque diferencial causado pelo rebaixamento aquífero.



Fonte: Sena, et al, 2020.

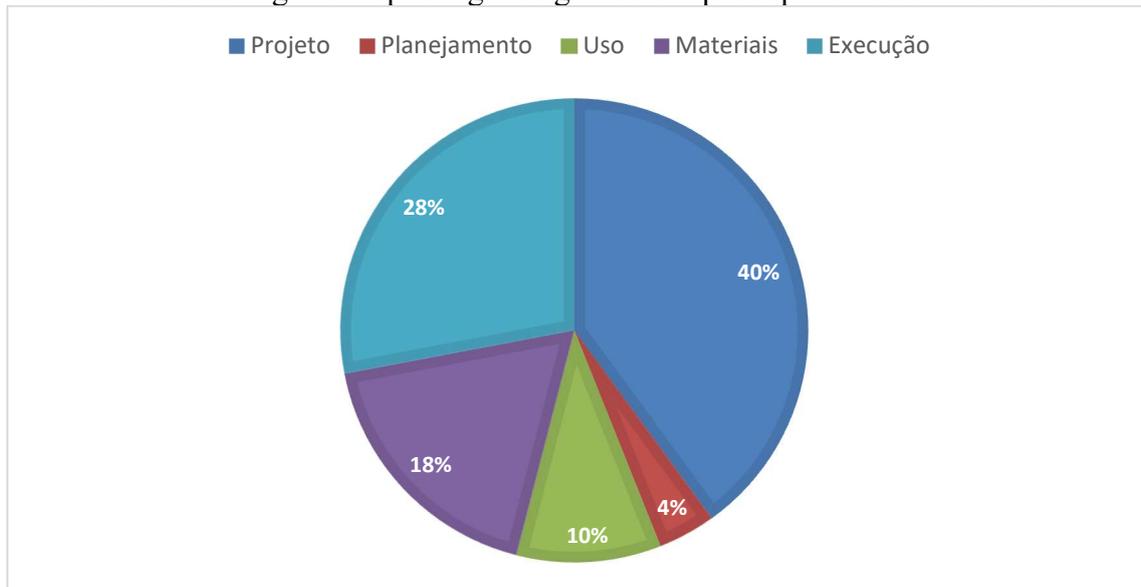
2.5. DETERIORAÇÃO NAS ESTRUTURAS

Segundo Weimer (2018), diversos fatores podem ocasionar a deterioração do concreto armado, podendo ser de caráter físico, químico ou mecânico. O princípio da patologia pode estar compreendido na etapa, ou etapas de projeto, execução ou de utilização, onde ocorrem falhas que originam os problemas patológicos. Geralmente as falhas ocorridas durante esses processos construtivos, costumam se manifestar durante o uso e ocupação da estrutura, sendo, alguns casos raros, possível detectar durante a fase de execução (BERTI, et al, 2019).

Para Helene (1992), os problemas relacionados a patologias só se manifestam após o início da etapa de execução, tendo ocorrência com maior predominância na etapa de utilização.

Para outros autores, as falhas durante a etapa de projeto é a principal responsável pelo aparecimento de patologias, conforme mostra o gráfico 1, adaptado da pesquisa de Scheidegger e Calenzani (2019).

Gráfico 1 - Origem das patologias segundo a etapa do processo construtivo.



Fonte: Adaptado de adaptado da pesquisa de Scheidegger e Calenzani (2019).

Dessa forma, é possível analisar que a maioria das manifestações patológicas têm origem na fase de concepção (projeto) e na execução.

Durante a etapa de projeto, várias são as falhas que podem ocorrer. Possíveis de acontecer ao longo do estudo preliminar, sendo a etapa de lançamento da estrutura, na execução do anteprojeto, ou durante a elaboração do projeto final de execução (WEIMER, 2018).

Dentre as falhas que ocorrem nessa fase, segundo Berti (2019), podemos apontar a falta de detalhamento, avaliação inadequada de cargas atuantes e combinações da mesma, falta de clareza nas informações apresentadas, má qualidade dos materiais especificados, a incompatibilidade entre os projetos arquitetônico e estrutural, erros de dimensionamento ou elementos construtivos de impossível realização.

Durante a fase de execução, os fatores que contribuem para que a patologia ocorra são inúmeros, associadas a falta de condições no local de trabalho, falta de controle de qualidade de execução, mão de obra não especializada, irresponsabilidade técnica, materiais com qualidade baixa (WEIMER, et al, 2018).

Já durante a etapa de utilização, mesmo que as condições na etapa de concepção e de execução tenham sido bem planejadas e executadas, podem surgir problemas patológicos nas estruturas devido a utilização de forma incorreta, pela falta de manutenção ou pela manutenção feita de forma inadequada na mesma (RIPPER e THOMAS, 1998).

Após concluída, a obra possui um período de vida útil estimado baseado em análises e no projeto criado sobre ela. Contudo, em alguns casos, o prazo atribuído a obra, apresenta um desempenho abaixo do esperado oriundo da falta de manutenção periódica que fazem com que

manifestações patológicas iniciais evoluam e gerem comprometimento estrutural para a edificação e seus habitantes (SCHEIDEGGER, 2019).

Outro exemplo que podemos citar é a realização de obras de demolição ou de abertura de vãos, sem a previa verificação ou assistência executiva de especialistas afim de se saber de aquelas parede ou estruturas são peças fundamentais de sustentação (RIPPER e THOMAS, 1998).

Existem ainda as anomalias ocasionadas por ações naturais, devido à interações físico-químicas do ambiente no qual está inserida a construção, segundo Bertolini (2015) e Weimer (2018), que pode ser:

- De origem química: configuram uma interação química entre o material e as substancias presentes no meio ambiente, como a corrosão, ataque por sulfatos, carbonatação, entre outras.
- De origem física: variações de temperatura, insolação, vento, chuva, cura do concreto e variação de umidade são fatores de deterioração no processo construtivo da edificação;
- De origem biológica: surgimento de fungos ou algas em fissura, instalação e crescimento de plantas, entre outros.
- Das próprias características dos materiais empregados: porosidade e permeabilidade, no caso do concreto, reações internas, além da qualidade dos materiais empregados na construção, como cimento, agregados, elementos de alvenaria, entre outros.

2.6. TÉCNICAS DE REPARO

Para realizar uma atividade de reparo ou retorno de uma estrutura de concreto com qualidade dependerá da análise do condicionante do problema patológico, avaliando os efeitos produzidos (WEIMER, et al, 2018). Para adotar uma correta alternativa de intervenção, é necessário analisar o nível da patologia e da disponibilidade de materiais na região onde a edificação se localiza. Existe diferentes classificações de reparos, apresentadas a seguir, segundo Sena (2021).

- Reparo superficiais: têm profundidade inferior a 2 cm, não ultrapassando a espessuras do cobrimento da armadura de estruturas de concreto, ou sob superfícies, como por exemplo, preenchimento de falhas no concreto (bicheiras)

até 2 cm, empolamento na pintura da parede devido a excesso de ar, desgaste em rejuntas, entre outros.

- Reparos semiprofundos: têm profundidade de 2 a 5 cm, que no caso das estruturas de concreto, alcança a armadura, ou atravessa o reboco, atingindo a alvenaria.
- Reparos profundos: para profundidades acima de 5 cm, em estruturas de concreto. Nas estruturas de alvenaria, pode tomar como exemplo, o reparo em uma tubulação embutida, onde exige que sejam feitas aberturas no reboco e alvenaria para a realização do reparo.

Na construção civil, diversas estratégias de reparo estão sendo utilizadas, diante do pressuposto principal a identificação das possíveis soluções, considerando o ambiente em que a estrutura está inserida, respeitando a parte arquitetônica e os parâmetros relacionado aos custos (WEIMER, et al, 2018).

2.6.1. Reparo de fissuras, trincas e rachaduras

Para um futuro reparo, as fissuras devem analisadas e classificadas, podendo ser passivas, quando estabilizadas e sua abertura sem movimentação, ou ativas, quando a causa da mesma ainda se encontra ativa, ou seja, em movimento.

Para o procedimento de reparação da fissura ou trinca na estrutura, primeiramente é necessário limpar a abertura com jato de ar e assim sua espessura aumentará para ser tratada em seguida. Após a limpeza, é recomendado que seja aplicado um material epóxi sobre a superfície como selante, injetado na parte inferior da abertura até que o material extravase na parte superior, fechando-se a abertura (SCHEIDEGGER, 2019).

Para as aberturas acima de 5 mm, já configuradas como rachaduras ou fendas, são realizadas duas formas de procedimento, sendo elas ativas ou passivas. Para as aberturas ativas: é realizado a limpeza, aumentando seu tamanho com jato de ar, em seguida aplica-se um selante com betume elástico à base de poliuretano. Para não ativas, é realizado o mesmo processo das aberturas ativos, inicialmente, porém o selante utilizado se faz com argamassa de cimento (SCHEIDEGGER, 2019).

2.6.2. Reforços com concreto armado

O reforço com concreto armado vem sendo muito utilizado pela facilidade de execução e da vantagem econômica. Porém, alguns aspectos devem ser considerados ao utilizá-lo,

algumas das desvantagens é a interferência arquitetônica e o tempo necessário para que a estrutura esteja disponível para uso. (WEIMER, et al, 2018).

Ainda segundo Weimer et al (2018), além disso, deve-se garantir que exista uma boa aderência entre o concreto novo e o velho, assim como a capacidade de transferência de cargas entre eles, assegurando que o reparo terá sucesso. Se não houver essa compatibilidade, pode ocorrer falhas no reparo, primordialmente diferença de deformações e retração.

2.6.3. Reforços com perfis metálicos

Segundo Reis (2001) esse método de reforço é mais comumente utilizado em emergências, é uma técnica que não causa grandes alterações na geometria da peça original. Os perfis são agregados na estrutura por chumbamento com buchas expansivas e preenchimento com resinas por injeção, dessa forma, é imprescindível haja uma preparação no substrato de forma correta, para que a aderência da chapa com o concreto do pilar seja eficiente.

2.6.4. Reforços com materiais poliméricos

Outra técnica que vem sendo bastante utilizado nos últimos anos é a utilização de materiais poliméricos reforçados com fibras. Devido a isso, a procura por materiais compatíveis com as estruturas tradicionais de concretos armado cresceu bastante, apresentando características de durabilidade e resistência satisfatórias. Surgindo assim os produtos compósitos, que são materiais poliméricos reforçados com fibras (PRF), que tem elevada resistência à tração, baixo peso específico, resistência à corrosão e à fadiga (WEIMER, et al, 2018).

3. METODOLOGIA

Neste capítulo iremos apresentar e descrever a classificação do tipo de pesquisa do presente Trabalho de Conclusão de Curso, bem como os métodos utilizados para compor esta pesquisa.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Também tem caráter exploratório com o estudo de caso em edificações residências citadas anteriormente, a fim de proporcionar uma familiaridade maior com o problema apresentado e para apresentá-lo de forma mais explícita. Essa pesquisa exploratória foi realizada através de visitas as edificações escolhidas para o presente estudo, entrevista com os proprietários e registros fotográficos das patologias encontradas.

3.1.1. Quanto aos procedimentos técnicos

Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa bibliográfica e é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros físicos, bibliografias digitais encontradas nas bibliotecas virtuais da UEMASUL: Biblioteca Pearson e Minha Biblioteca, artigos científicos, monografias, teses, dissertações e demais bibliográficas digitais disponível, com propósito de aprofundar o conhecimento a respeito das manifestações patológicas e da complexidade do processo de diagnóstico da mesma. Durante a escolha das bibliografias, algumas palavras-chave foram utilizadas, para facilitar a pesquisa, foram elas: Patologias em estruturas, manifestações patológicas e processos construtivos.

E também de estudo de caso: consistiu no estudo profundo de uma realidade específica, esse estudo será realizado através de visitas as casas escolhidas na cidade de Imperatriz - MA, entrevista com os proprietários e registros fotográficos das patologias encontradas, de maneira que permita um amplo e detalhado conhecimento sobre as patologias em estruturas de concreto armado.

3.2. LOCAL DE ESTUDO

O estudo foi realizado na cidade de Imperatriz – MA, em 2 edificações residenciais unifamiliares que apresentam as manifestações patológicas, indicadas como edificação 1 edificação 2. A edificação 1 está localizada na rua Quinze, n.43, bairro São José, tem área total

construída de 116,66 m² e área total de 231,84 m², e a edificação 2 localizada na rua Monteiro Lobato, n. 29, bairro Vila Mariana, com área total de 240 m². A figura 12 mostra a fachada da edificação 1.

Figura 12 - fachada da edificação 1.



Fonte: Autora, 2022.

Na figura 13 é apresentada a fachada da edificação 2, a qual se encontra em reforma atualmente.

Figura 13: fachada da edificação 2.



Fonte: Autora, 2022.

3.2.1. Coleta e análise dos dados

Para Lichtenstein (1985), o levantamento das informações é uma etapa essencial, onde os dados primordiais e satisfatórios para o entendimento completo das manifestações

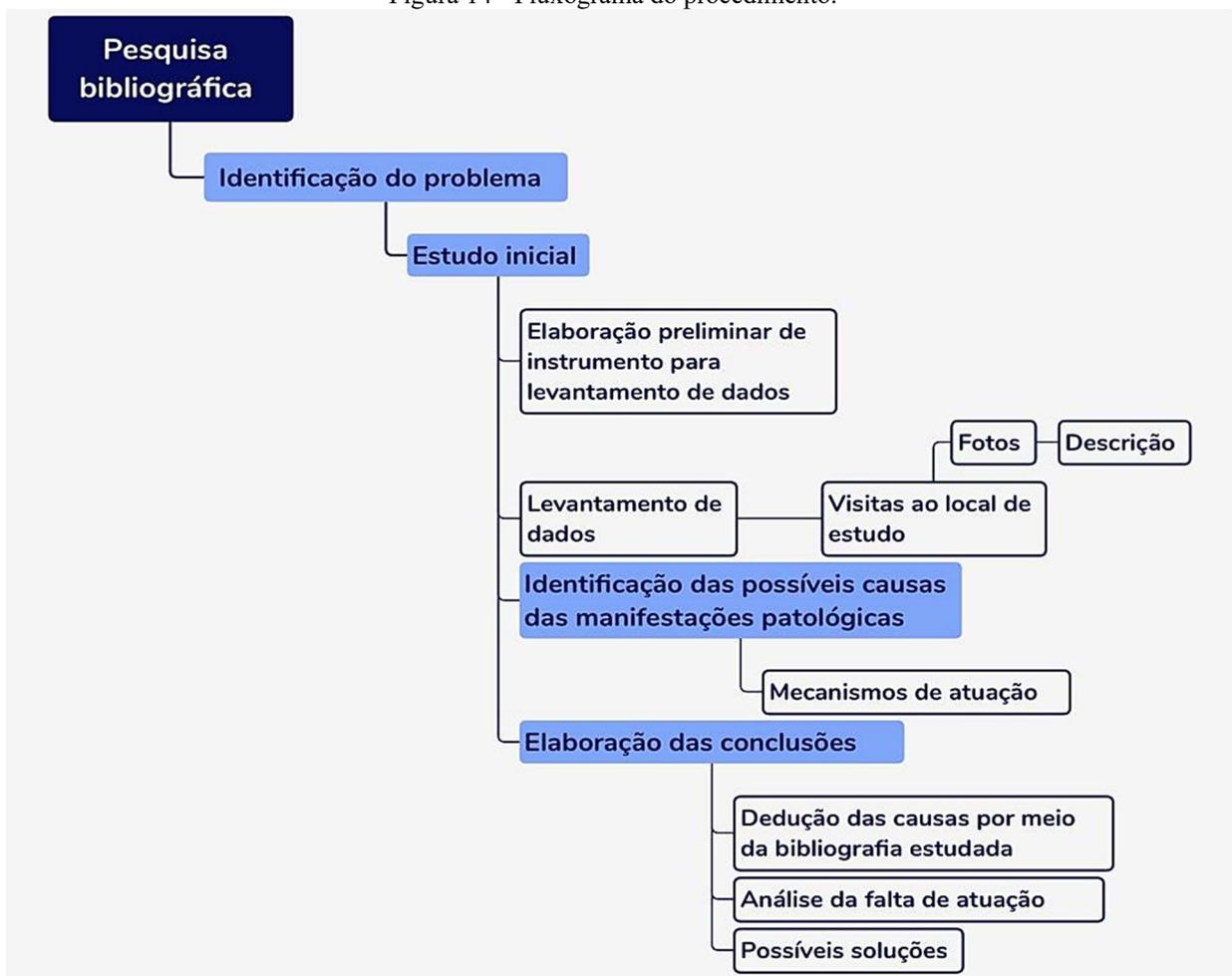
patológicas são estruturados. Estas informações são obtidas através de três formas: vistoria do local, levantamento histórico do problema e do edifício e o resultado das análises.

O processo de entendimento de um problema patológico pode ser descrito como dedução de hipóteses e posteriormente o teste dessas hipóteses, ou seja, a partir da determinação dos dados essenciais, o profissional responsável elabora hipóteses de avaliação da situação e relaciona as mesmas com quadro sintomatológico geral e ao conhecimento adquirido sobre patologias.

Diante disso, para este estudo, após a coleta e interpretação dos dados, os mesmos serão detalhadamente analisados e será proposta a solução que tenha o melhor desempenho frente aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais, conforme o estudo feito acerca do assunto abordado.

Para melhor entendimento do procedimento de criação da pesquisa e levantamento de dados foi criado um fluxograma, com a organização do estudo feito, conforme mostra figura 14.

Figura 14 - Fluxograma do procedimento.



Fonte: Autora, 2022.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa utilizou método de estudo de caso, como objeto de melhor compreensão e entendimentos reais da teoria envolvendo a prática. Neste capítulo iremos apresentar e discutir sobre manifestações patológicas em duas habitações residenciais unifamiliares na cidade de Imperatriz – MA.

4.1. ESTUDO DE CASO 1 – EDIFICAÇÃO 1

Na edificação 1 apresenta algumas fissuras, trincas e rachaduras, a maioria se manifesta no encontro entre paredes e nos cantos de portas e janelas. Na figura 16 é apresentada a ocorrência de uma manifestação patológica no quarto 2 da edificação, no encontro entre duas paredes, configurada como uma rachadura, segundo o item 2.3.2 deste trabalho, por possuir espessura de 5,0 mm, conforme mostra a figura 17.

Figura 16 - Rachadura manifestada entre duas paredes.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 17 - Medição da rachadura.



Fonte: Autora, 2022.

Em conversa com a proprietária da casa e por uma avaliação feita por ela mesma anteriormente com o auxílio de colaborador da área da construção civil, foi relatado que se realizou uma perfuração na parede e constatou-se que não existe um pilar nessa região fazendo a ligação entre as duas paredes e nem como função estrutural, também pode-se deduzir que não foi feito o intertravamento dos blocos cerâmicos, o que pode ter causado essa patologia, conforme visto o item 2.3.2. Uma possível solução desse problema, é utilizar reparo com betume elástico conforme apresentado no item 2.7.1 ou fazer um reforço com telas de aço devem-se retirar todas as camadas de revestimento, chapiscar, refazer o emboço com tela inserida, considerando-se área para ancoragem da armadura, e refazer o acabamento, ou refazê-la por completo. Outra solução também seria executar um pilar nessa região entre paredes, se for viável, para que a manifestação patológica não ocorra novamente.

Na figura 18 podemos ver a existência de uma trinca, de acordo com a classificação apresentada no item 2.3.2, encontrada ainda no quarto 2, que se propaga desde o canto da janela até o telhado, na ordem de 0,9 mm (figura 19). Foi constatado que essa patologia foi ocasionada pela falta de verga e contraverga na janela e de uma viga de cintamento nessa parede, foi possível chegar a essa conclusão através de análise visual da mesma parede pelo lado externo

e lateral da residência, a qual não está rebocada e nem mesmo chapiscada, possibilitando essa inspeção visual.

Figura 18 - Trinca em canto de janela



Fonte: Autora, 2022.

Figura 19 - Medição da trinca.



Fonte: Autora, 2022.

Nesse caso recomenda-se a realização de um reforço estrutural com concreto armado, conforme aponta o item 2.7.2, inserindo uma viga de cintamento por toda a extensão da parede, já que foi constatado que nessa lateral da casa não existe nenhum elemento estrutural longitudinal.

No quarto 1 também foi encontrada uma fissura no canto da janela, com abertura na ordem de 0,1 mm, mostrada na figura 20, classificada assim conforme o item 2.3.2.

A possível causa dessa fissura é a falta de vergas e contravergas, gerando uma sobrecarga no ponto de maior concentração de tensões que são os vértices das aberturas, que tendem a gerar a trinca, como também observado por Caporrino (2015).

Figura 20 - Fissura ocasionada pela falta de verga e contraverga.



Fonte: Autora, 2022.

Uma medida de reparo que pode ser adotada para a fissura da figura 19, é retirar o caixilho da janela e executar a verga e contraverga, ultrapassando no mínimo 30 cm dos limites da esquadria, com o intuito de distribuir melhor as cargas sobre o elemento.

Nesse mesmo quarto foi detectado uma fissura de na ligação entre duas paredes, conforme vemos na figura 21 na ordem de 0,4 mm, também ocasionada pela falta de um pilar

ou intertravamento entre os tijolos, conforme visto no item 2.3.2. Recomenda-se como intervenção corretiva nessa área a mesma apresentada para a trinca mostrada na figura 15.

Figura 21 - Fissura entre duas paredes.

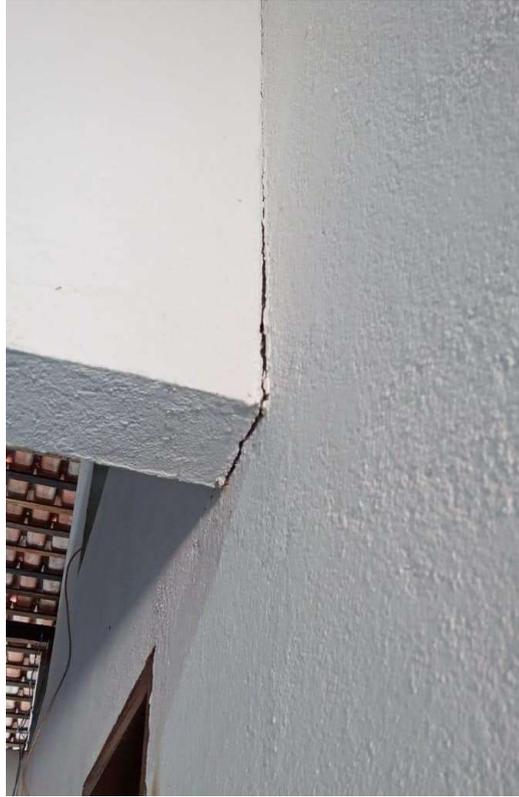


Fonte: Autora, 2022.

A figura 22 mostra a rachadura, identificada conforme o item 2.3.2, na ligação entre uma viga e uma parede, localizada na cozinha, com ordem de abertura de 5,0mm em sua base e no início da mesma com ordem de 3,0 mm, conforme relatado na figura 23.

Nesse caso também foi verificado através da própria abertura da rachadura a inexistência de armadura longitudinal, não resistindo aos esforços de tração na parte inferior, o recomendado é que seja feito um reforço estrutural com concreto armado, se possível fazer um recorte na parede e executar uma viga que resista aos esforços solicitados.

Figura 22 - Rachadura no encontro entre uma viga e parede.



Fonte: Autora, 2022.

Figura 23 - Medição da rachadura.



Fonte: Autora, 2022.

No quarto 3 apenas uma trinca foi detectada, entre duas paredes, na ordem 0,6 mm que se estende até o forro. Nesse ponto foi detectado um pilar, que está sujeito a uma sobrecarga, pois é parte da sustentação do telhado. Essa patologia pode ter sido ocasionada pela concentração de tensões no pilar, que possivelmente não possui armadura suficiente ou foi executado com concreto de preparo inadequado, conforme vimos no item 2.3.2, e observada na figura 24.

Figura 24 - Trinca no pilar de canto do quarto.



Fonte: Autora, 2022.

Ainda foram detectadas outras fissuras em diversos locais da edificação 1, todas consequência da falta da superestrutura e da concepção de um projeto executivo, ainda segundo a proprietária a residência foi construída sem a supervisão de um engenheiro, ficando responsável apenas por colaboradores da área da construção civil, o que ocasionou boa parte das patologias encontradas.

Também foi constatado pela inspeção visual, principalmente pelas laterais da casa, que se encontram sem chapisco e reboco, onde é perceptível a falta da viga de cintamento e de pilares em algumas regiões, que são as possíveis causas das fissuras e trincas. Além disso, a falta do chapisco e de impermeabilização nas paredes laterais pelo lado de externo também

provocou infiltrações devido a água da chuva, que resultaram no aparecimento de bolores na parede do quarto 2, conforme visto no item 2.3.1 do presente trabalho, esse problema também foi intensificado pela falta de pingadeira no peitoril da janela, conforme vemos na figura 25.

Figura 25 - Aparecimento de bolor no peitoril da janela.

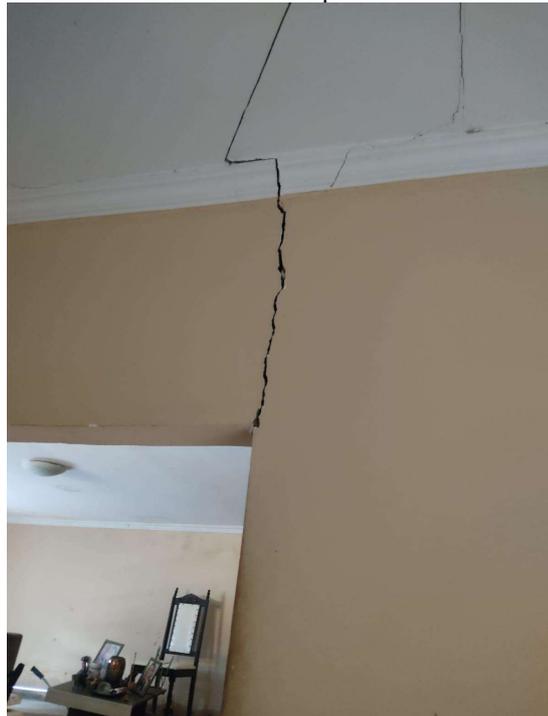


Fonte: Autora, 2022.

4.2. ESTUDO DE CASO 2 – EDIFICAÇÃO 2.

Na edificação 2, foi detectado o aparecimento de trincas e rachaduras, algumas se estendendo até o forro. Na figura 26 é possível observar o surgimento de uma rachadura no canto superior da porta, na ordem de 5,0mm, classificada conforme o item 2.3.2.

Figura 26 - Rachadura no canto superior da abertura da porta.



Fonte: Autora, 2022.

Na figura 27 apresenta a propagação de um sintoma patológico no canto superior de outra porta, que configura-se como trinca, de acordo com a especificação estudada no item 2.3.2, por apresentar uma abertura de 2,5 mm.

Figura 27 - Trinca no canto superior da abertura da porta.



Fonte: Autora, 2022.

Em relato dado pelo proprietário com o grande volume de chuvas na região, provocou enchentes causando alagamento na parte interior da residência, o que contribuiu para o encharcamento do solo-base da residência e posteriormente uma evaporação da água presente nesse solo, ocasionando recalque na fundação da sala de estar e jantar. As trincas e rachaduras apresentadas nas figuras 26 e 27 teriam sido causadas por esse recalque diferencial, conforme estudado também no item 2.5. Esse recalque diferencial também pode ter sido ocasionado devido a erros no projeto estrutural da edificação ou até mesmo por erros na execução da mesma.

Um exemplo de medida corretiva nesse caso causado por colapso por inundação, segundo Sena (2020), é corrigir as causas da infiltração e fazer o reforço da fundação.

Na edificação 2 ainda apresenta manifestações patológicas devido à umidade e infiltrações, causada pelas enchentes no local, manifestando como sintoma bolor nos rodapés de paredes, identificados por inspeção visual e conforme classificado no item 2.3.1 deste trabalho.

Na figura 28 é possível observar o descascamento da pintura e aparecimento de bolor, devido a umidade no rodapé da parede, também há a inexistência da pingadeira na janela próxima a esse rodapé e um jardim de inverno logo ao lado da janela, o que contribui para o excesso de umidade na parede e provocando essa manifestação patológica.

Figura 28 - Surgimento de bolor e descascamento da pintura devido a infiltração de água.



Fonte: Autora, 2022.

A figura 29 mostra também patologia que tem como causa a umidade e infiltração de água por capilaridade, conforme visto no item 2.3.1, resultando na manifestação de bolores e descascamento da pintura.

Figura 29 - Bolor e descascamento da pintura devido a infiltração de água.



Fonte: Autora, 2022.

Nos casos das manifestações patológicas apresentadas nas figuras 28 e 29, ocasionadas por umidade, é recomendado que se faça uma impermeabilização das paredes na parte inferior, onde na parte do caso sofre com inundações que ocorrem no local devido a água da chuva.

Em conversa com o proprietário foi relatado que já se iniciaram medidas corretivas para reforçar a estrutura dos locais que sofreram recalques, que, conseqüentemente, provocaram as manifestações das patologias apresentadas nas figuras 26 e 27.

5. CONCLUSÃO

Na etapa construtiva de uma edificação é sempre importante buscar práticas construtivas otimizadas nas construções com a utilização do concreto armado. O planejamento adequado, o emprego de mão de obra qualificada, a escolha e utilização de materiais de alta qualidade são fundamentais para a prevenção de manifestações patológicas e de danos futuros (CALVACANTE, 2022).

Segundo Berti et al (2019), a averiguação das anomalias é feita principalmente por conta da manifestação dos sintomas encontrados nas construções. Entre os sintomas mais notados destacam-se os tipos de fissuras, a corrosão do concreto, presenciada nos fenômenos de eflorescência e desagregação, bolores ou eflorescências causadas por umidade, recalques diferenciais, entre outros.

O objetivo deste trabalho foi fundamentalmente conhecer e compreender as principais origens de manifestações patológicas em residências, como as fissuras, trincas, rachaduras, dentre outras patologias encontradas nas estruturas de concreto, e analisar as principais ocorrências dos sintomas patológicos mais frequentemente encontrado no estudo de caso.

Durante o prosseguimento deste trabalho, foi possível notar que boa parte das manifestações patológicas são causadas por erros no projeto e durante a execução da construção, que costumam se manifestar durante o uso e ocupação da estrutura, sendo, alguns casos raros, possível detectar durante a etapa de execução. Além do mais, muitos fatores externos também podem acabar interferindo no resultado final da construção, como interações físicas e químicas dos materiais empregados na construção com o meio ambiente.

Através da quantidade e diversidade de manifestações patológicas encontradas e apresentadas nesta pesquisa, pode-se entender a gravidade dos futuros problemas na obra quando se tem projetos falhos, com falta de detalhamento, e da má execução e a indevida inspeção do engenheiro responsável.

Em virtude disto e dos grandes problemas causados pelas manifestações patológicas, a exigência por produtos e serviços de qualidade cresceu significativamente, e visto também que há uma deficiência de formação e preparo de profissionais nos diferentes níveis que atuam na área de construção civil no planejamento e execução de manutenção das construções e na identificação, diagnóstico e solução de problemas patológicos.

Miotto (2010) salienta que estudar e buscar, avaliar, caracterizar e diagnosticar a causa de danos em edificações, são fundamentais para o processo de produção e utilização das edificações e permitem o conhecimento de medidas eficientes para amenizar a ocorrência de falhas e problemas, o que tende a melhorar a qualidade geral das edificações.

O estudo mais qualificado a respeito de novas metodologias de investigação e o aperfeiçoamento das existentes são imprescindíveis, para isso o uso de pesquisas bibliográficas de casos registrados é um dos meios essenciais de estudo para aprimoramento acerca do assunto (BERTI, et al, 2019).

Dessa forma, se torna fundamental o estudo dos processos construtivos e da ocorrência das patologias nas construções, afim de preservar a vida útil da edificação e proteger contra agentes degradadores. Além disso, é imprescindível tal fundamentação sobre o assunto apresentado, para que seja feita identificação correta das anomalias e dos problemas que venham afetar a durabilidade e a segurança da construção, e apresentar a melhor forma de corrigir e solucionar o aparecimento das manifestações patológicas

REFERÊNCIAS

ARIVABENE, A.C. Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso. **Revista Especialize Online IPOG ISSN 2179-5568**, v 1/2015, n. 10. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15775:2021 - Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos**. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9575:2003 – Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2003.

BASTOS, P. S. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO PROTENDIDO**. Curso de Engenharia Civil. Abril. 2021. Apostila de sala de aula. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA UNESP - Campus de Bauru/SP.

BERTI, J.V. M; et al. Estudo da origem, sintomas e incidências de manifestações patológicas do concreto. **Revista Científica ANAP Brasil**, v.12, n.26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17271/19843240122620192228>.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologias, reabilitação e prevenção**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2015.

BOLINA, F.L; TUTIKIAN, B. F; et al. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2019.

BOTELHO, M. H. C. **Princípios da mecânica dos solos e fundações para a construção civil**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em Alvenarias**. 2. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2018.

CAVALCANTE, P.A; MOREIRA, E. M; et al. ESTUDO DAS PATOLOGIAS E SUAS CAUSAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES. In: PIRES, R..C; et al. **CONSTRUÇÃO CIVIL: ENGENHARIA E INOVAÇÃO**. Epitaya E-books, [S. l.], v. 1, n. 15, p. 283-300, 2020.

COSTA, T.M; et al. Fissuras e trincas em alvenaria: Estudo de caso em unidade residencial na cidade de Manaus. **Brazilian Journal of Development ISSN: 2525-8761**, Curitiba, v.7, n.11, p. 108386-108399. Nov. 2021.

DIAS, A.P; AMARAL, I.A; et al. PATOLOGIAS DAS CONTRUÇÕES: TRINCAS, FISSURAS E RACHADURAS. **Revista Pesquisa e Ação**. Vol. 07. n.1, p. 65-80, 2021. ISSN 2317-3793.

DIAS, N. A. A. Geopolímeros: contributos para a redução das eflorescências (Dissertação de Mestrado) - Escola de Engenharia da Universidade do Minho. 2012.

GONÇALVES, G.C; JUNIOR, C.F. **PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. IN: SEMANA ACADÊMICA DA UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA-UNIARA, 2020, São Paulo. Anais eletrônicos [...] São Paulo, 2016.

GRANATO, J. E. **Patologia das construções**. São Paulo: AEA Cursos, 2012.

HELENE, Paulo. **Manual Para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

MEDEIROS, E. R. C. Inovação na construção de edifícios residenciais: uma análise das empresas do segmento localizadas em Recife – PE. Fev. 2011. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Pernambuco, Recife.

MEDEIROS, M. H. F; et al. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. (Coord.). **Concreto: Ciência e Tecnologia. Livro Técnico**. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011.

MIOTTO, Daniela. **Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar estadual no município de Pato Branco - PR**. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná: Paraná, 2010.

MORAIS, J. M. P; et al. Análise de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado: uma revisão. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 7, e759974964, 2020 (CC BY 4.0). ISSN 2525-3409. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4964>.

NADALINI, A. C. V; BISPO, A. O. **PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM AMBIENTE MARÍTIMO**. IN: XIX COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, 2017, Foz do Iguaçu. Anais eletrônicos [...] Paraná, 2017.

NEVES, M. M. **CONCRETO ARMADO: Patologias na estrutura de uma edificação residencial**. Minas Gerais, 2019.

PINHEIRO, L. H. B. Reforço de pontes em concreto armado por protensão externa. (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2018.

REIS, L. S. N. Sobre a recuperação e reforço das estruturas de concreto armado. 114f. 2001. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

RIBEIRO, D (coord); SALES, A; et al. **Corrosão e degradação em estruturas de concreto: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção**. 2.ed. Rio de Janeiro: GEN - Grupo Editorial Nacional S.A./LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2020.

SCHEIDEGGER, Guilherme Marchiori, CALENZANI, Carla Lorencini. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 03, Vol. 05, pp. 68-92. Março de 2019. ISSN: 2448-0959.

SENA, C.S; et al. **Gestão de obras e patologia das estruturas**. Porto Alegre: SAGAH, 2021.

SENA, G.O; NASCIMENTO, M.L; et al. **Patologias das Construções**. Salvador: 2B, 2020.

SILVA, A. F. P; et al. Patologias em estruturas de concreto armado: estudo de caso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p.363-374, jan. 2021. DOI:10.34117/bjdv7n1-027.

SOUZA, V.C.M., RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1998. 257 p.

TUTIKIAN, B; PACHECO, M. Inspeção, Diagnóstico e Prognóstico na construção civil. **ALCOPNAT Internacional**. Boletim Técnico nº01. Unisinos, Brasil, 2013.

WEIMER, B.F; et al. **Patologias das estruturas**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.