



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

MYLLIANE SAMARA SOARES PEREIRA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DIAGNÓSTICO NO SERVIÇO NACIONAL
DE APRENDIZAGEM COMERCIAL - SENAC - NATAL/RN**

**ANGICOS
2021**

MYLLIANE SAMARA SOARES PEREIRA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DIAGNÓSTICO NO SERVIÇO NACIONAL
DE APRENDIZAGEM COMERCIAL - SENAC - NATAL/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semiárido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Kleber Cavalcanti Cabral

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S436a Soares Pereira, Mylliane Samara.
ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO
DIAGNÓSTICO NO SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM
COMERCIAL - SENAC - NATAL/RN / Mylliane Samara
Soares Pereira. - 2021.
54 f. : il.

Orientador: Kleber Cavalcanti Cabral.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2021.

1. Corrosão. . 2. Recuperação Estrutural. . 3.
Concreto.. I. Cavalcanti Cabral, Kleber, orient.
II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MYLLIANE SAMARA SOARES PEREIRA

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO: UM ESTUDO DIAGNÓSTICO NO SERVIÇO NACIONAL
DE APRENDIZAGEM COMERCIAL (SENAC) - NATAL/RN**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

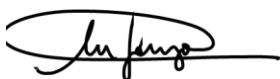
Defendida em: 19/11/2021.

BANCA EXAMINADORA

Kleber Cavalcanti
Cabral

Assinado de forma digital por
Kleber Cavalcanti Cabral
Dados: 2021.11.22 14:59:35 -03'00'

Prof. Kleber Cavalcanti Cabral (UFERSA)
Presidente



Assinado de forma digital por WENDELL
ROSSINE MEDEIROS DE SOUZA:01875503447
Dados: 2021.11.22 14:55:25 -03'00'

Wendell Rossine Medeiros de Souza, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador



Isla Licely Rodrigues Batista - Eng. Civil
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus que sempre me deu discernimento para continuar e nunca desistir desta batalha diária e constante, me encorajando ao longo do curso e me dando forças.

Agradeço aos meus pais, Maria Soares e José Sueldo, pelo amor, incentivo, apoio incondicional e que muitas vezes abriram mão dos seus sonhos para que o meu fosse realizado e sempre acreditaram em mim independente da circunstância. Amo vocês.

Agradeço à minha família que sempre torceu por meu sucesso, é meu alicerce e minha estrutura de fundação. Em especial os meus avós, Idalina Soares e Sebastião Cruz, que sempre zelaram por mim e vibraram cada conquista minha ao decorrer destes anos.

Agradeço ao meu irmão, Sueldo Júnior, por toda tranquilidade que me transmitiu sem ao menos saber e por ser minha válvula de escape em diversos momentos durante a trajetória.

Ao meu namorado, Paulo Rodolpho, que viveu esta trajetória comigo com muito amor, compartilhando das dificuldades e das conquistas. Agradeço por aguentar minhas crises, sempre me incentivando a ser alguém melhor.

Aos meus amigos de graduação, que juntamente comigo, traçamos esse árduo caminho longe de casa, onde nos tornamos verdadeiros irmãos, suportando as noites mal dormidas, problemas diários, rotinas de estudos, deveres e todos os obstáculos que surgiram no decorrer dos últimos anos.

Aos meus amigos pelo companheirismo e amizade ao longo destes anos e por terem estado ao meu lado nos bons e maus momentos, apesar da distância. Agradeço por serem verdadeiros irmãos sempre dispostos a me ajudar no que fosse preciso.

Aos meus professores que contribuíram para formação de meu caráter e de meu engrandecimento profissional.

A gratidão é o melhor sentimento que podemos sentir. Enfim, a todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero: Muito Obrigada.

Se não puder voar, corra. Se não puder correr,
ande. Se não puder andar, rasteje, mas continue
em frente de qualquer jeito.

Martin Luther King Jr.

RESUMO

As manifestações patológicas estão presentes na maioria das edificações, seja residencial, comercial ou institucional. Essas manifestações ocorrem por diversos fatores como erro em projeto, execução, na utilização ou por outros motivos. As manifestações patológicas podem comprometer a estrutura da edificação, oferecer riscos aos seus usuários e danos ao meio ambiente. Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo observar as manifestações patológicas do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC). Para a verificação das manifestações patológicas foram realizadas algumas visitas in loco, registros fotográficos, realização do croqui, além de informações concedidas pelos usuários. Após as análises e identificação das patologias, foram feitas as análises das possíveis causas das manifestações patológicas. A construção apresentava sua estrutura comprometida em virtude de danos causados pela corrosão das armaduras e pela degradação do concreto; estes problemas foram promovidos majoritariamente por baixas espessuras de cobrimento e potencializados pela agressividade marinha do ambiente.

Palavras-chave: Corrosão. Recuperação Estrutural. Concreto.

ABSTRACT

Pathological manifestations are present in most buildings, whether residential, commercial or institutional. These manifestations occur due to various factors such as errors in design, execution, use or for other reasons. Pathological manifestations can compromise the structure of the building, offer risks to its users and damage the environment. Thus, this study aimed to observe the pathological manifestations of the National Service for Commercial Learning (SENAC). To verify the pathological manifestations, some on-site visits, photographic records, sketching, and information provided by users were carried out. After the analysis and identification of the pathologies, the analyzes of the possible causes of the pathological manifestations were carried out. The construction had its structure compromised due to damage caused by the corrosion of the reinforcements and the degradation of the concrete; these problems were mainly promoted by low cover thicknesses and enhanced by the marine aggressiveness of the environment.

Keywords: Corrosion. Structural Recovery. Concrete.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Ciclo PDCA.....	21
FIGURA 02: Bicheira em estrutura de concreto armado.	25
FIGURA 03: Armaduras expostas e destacamento de concreto.	26
FIGURA 04: Imagem do prédio do SENAC.....	31
FIGURA 05: Imagem satélite da edificação.	33
FIGURA 06: Indicação da área investigada.....	33
FIGURA 07: Classes de Agressividade Ambiental.....	34
FIGURA 08: Locação de manifestação patológica.....	37
FIGURA 09: Legenda com identificação de patologia.	38
FIGURA 10: Platibanda da cobertura sem travamento.....	38
FIGURA 11: Armaduras expostas e destacamento do concreto.	39
FIGURA 12: Armaduras expostas e destacamento do concreto em pilar.....	39
FIGURA 13: Armaduras expostas e destacamento do concreto em laje.....	40
FIGURA 14: Relação entre agressividade e espessura da camada	41
FIGURA 15: Evolução da deterioração de estruturas por corrosão.	42
FIGURA 16: Ninhos em lajes e em vigas.	43
FIGURA 17: Platibanda cm ausência de travamento.....	45
FIGURA 18: Platibanda com elevado grau de desgaste.....	45
FIGURA 19: Platibanda com ausência de travamento.....	46
FIGURA 20 Tipos de escarificações recomendadas.	47
FIGURA 21 Tipo de lixamento recomendado.....	48
FIGURA 22 Recuperação de armadura.....	48
FIGURA 23 Platibanda de alvenaria com pilares para travamento.....	49

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: Exemplos de vida útil de projeto.....	16
QUADRO 02: Vida útil de projetos recomendada pelos ingleses.....	17
QUADRO 03: Classificação das anomalias quanto a origem.	19
QUADRO 04: Grau de risco de manifestação patológica	30

LISTA DE FLUXOGRAMAS

FLUXOGRAMA 01: Etapas de um diagnóstico	35
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAA - Classes de Agressividade Ambiental

IBAPE - Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia.

IPDC - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do Comércio.

PDCA - Planejar, Executar, Verificar e Agir.

PH - Potencial Hidrogeniônico.

RAA - Reação Álcalis Agregado.

RN - Rio Grande Do Norte.

SENAC - Serviço Nacional De Aprendizagem Comercial.

SESC - Serviço Social do Comércio.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES	15
2.2 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS	15
2.3 DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS	17
2.4 MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS	18
2.5 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	19
2.5.1 Anomalias decorrentes da concepção da estrutura	20
2.5.2 Anomalias decorrentes da execução da estrutura	20
2.5.3 Anomalias decorrentes da utilização da estrutura	22
2.6 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	23
2.6.1 corrosão da armadura do aço	24
2.6.1.1 Principais causas de corrosão da armadura do aço	24
2.6.2 Deterioração do concreto armado	26
2.6.2.1 Principais causas de deterioração do concreto armado	27
2.7 DIAGNÓSTICO	29
3 METODOLOGIA	31
3.1 LEVANTAMENTO SOBRE INFORMAÇÕES DA EDIFICAÇÃO DO SENAC/RN	32
3.2 INFORMAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÕES E A AGRESSIVIDADE AMBIENTAL	34
3.3 DIAGNÓSTICO	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 LOCALIZAÇÃO DAS PATOLOGIAS	37
4.2 ARMADURA EXPOSTA E CORROSÃO DE ARMADURAS	39
4.2.1 Causas das anomalias	40
4.2.2 Mecanismo de ação	41
4.2.3 Grau de risco	42
4.3 EXISTÊNCIA DE NINHOS DE CONCRETAGEM EM VIGAS E LAJES	43
4.3.1 Origem e causas das anomalias	43
4.3.2 Grau de risco	44
4.4 AUSÊNCIA DE TRAVAMENTO EM PLATIBANDAS DE ALVENARIA	44
4.4.1 Causas e origens das anomalias	46
4.4.2 Grau de risco	46
4.5 SOLUÇÃO PROPOSTA	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O aumento considerável do setor da construção civil e a procura por inovações tecnológica o tornaram cada vez mais exigente, visando a qualidade e o menor custo. Por outro ponto de vista, este fato tem gerado dúvidas em relação ao desempenho das edificações em geral e, desta forma, chamando atenção de pesquisadores para investigar as manifestações patológicas que tem afetado as construções civis (MARINHO; MESQUITA, 2020).

As construções estão sujeitas a sofrerem ações de diversos agentes do meio que causam sua degradação, como sais solúveis, água, a poluição e biodeteriorização. Outro ponto que colabora com a degradação das edificações está relacionado a erros provenientes de seres humanos de acordo com o desenvolvimento das atividades no processo construtivo. Seja problemas com a qualidade nos projetos, utilização de materiais de baixa qualidade, falta de controle em obra ou mau uso da edificação (FERREIRA, 2010).

Define-se por manifestação patológica qualquer fenômeno que prejudique o desempenho funcional, estético ou mecânico esperado em uma edificação durante a sua vida útil. De forma ampla, os problemas advindos de manifestações patológicas vão desde os minúsculos danos até comprometimento da segurança nas edificações, podendo resultar no colapso das estruturas (MARINHO; MESQUITA, 2020).

Quando ocorrem as manifestações patológicas nas estruturas muitas vezes são executadas algumas intervenções sem nenhuma inspeção para se ter conhecimento do problema e suas causas. Ocorrendo na maioria dos casos a execução de reparos paliativos, sem resolver as causas reais e profundas da patologia. E como resultado tem-se intervenções inapropriadas que muitas vezes acabam por esconder os sintomas podendo agravar o problema futuramente (FERREIRA, 2010).

Para a identificação dos problemas existentes nas edificações é importante possuir domínio sobre patologia das edificações, pois quando se tem o conhecimento sobre os possíveis problemas que podem ocorrer, eles podem ser previstos e consequentemente evitados diminuindo as chances do surgimento de manifestações patológicas (SAKAI, 2017).

Souza e Ripper (1998) afirmam que com o intuito de estudar as manifestações patológicas no concreto armado, foi lançada uma nova área de estudos, chamada de patologia do concreto armado.

Designa-se genericamente por Patologia das estruturas esse novo campo da engenharia das construções que se ocupa das origens, formas de manifestação,

consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (SOUZA E RIPPER, 1998, p. 57).

De acordo com Marinho e Mesquita (2020) as causas que levam uma estrutura a sofrer danos são inúmeras, por isso é de suma importância o estudo desse âmbito da engenharia, para que sejam evitadas manifestações patológicas que ocasionem a diminuição da durabilidade das estruturas, assim como é imprescindível um conhecimento de como solucionar e recuperar aquelas que contém o problema, de forma a curá-las e impedir que o agente causador volte a resultar o mesmo problema.

Deste modo, esta pesquisa visa realizar uma análise das manifestações patológicas nas peças estruturais de concreto armado no Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) localizado no Bairro da Cidade Alta na cidade de Natal/RN, com o intuito de propor suas possíveis soluções.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é realizar uma análise das principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado presentes no Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) – Natal/RN.

1.1.2 Objetivos específicos

- Levantar informações sobre a história construtiva do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) – Natal/RN;
- Identificar os tipos de manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) – Natal/RN;
- Realizar um mapeamento com a localização das manifestações patológicas da edificação;
- Correlacionar as manifestações patológicas nas estruturas às suas causas;
- Entender o mecanismo de deterioração que levou ao surgimento das manifestações patológicas;
- Propor medidas corretivas para solução dos problemas observados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES

A patologia das edificações pode ser definida como o âmbito da engenharia que analisa os sintomas, as causas e as origens das falhas construtivas que ocorrem nas construções. A partir do estudo das falhas e costumes decorrentes dos processos construtivos, há a possibilidade de evitar que os problemas patológicos surjam e se tornem algo repetitivo (MARINHO E MESQUITA, 2020).

Para Helene (2003) a patologia das construções é o estudo que tem como objetivo diagnosticar o problema das edificações, ou seja, examina e analisa os sintomas, os mecanismos e a origem das falhas existentes nas edificações. As manifestações patológicas estão vinculadas de forma direta aos cuidados que muitas vezes são ignorados ou não lembrados durante a fase de projeto, execução e o uso, resultando em problemas mais graves durante a vida útil da estrutura (ALIPRANDINI, 2015).

A patologia das construções é apresentada pela análise das origens, sintomas, natureza das imperfeições e deteriorações de uma construção. Fatores como limitações tecnológicas, falhas involuntárias e diversos casos de imperícias, contribuem para o surgimento de tais anomalias (MARINHO E MESQUITA, 2020).

A correção de problemas nas edificações possui maior eficácia e menor custo quando mais cedo forem identificados e solucionados. Para evitar o surgimento anomalias, é importante e necessário fazer um estudo detalhado das origens do problema para que assim ocorra a melhor compreensão do fenômeno em si e, dessa forma, auxilie nas decisões de definição de como executar o plano de ação contra aos problemas encontrados (NAZARIO; ZACAN, 2011).

2.2 VIDA ÚTIL E DURABILIDADE DAS ESTRUTURAS

Segundo Marinho e Mesquita (2020) as estruturas em geral, sejam elas de madeira, concreto armado, metálicas ou outros tipos de materiais, possuem em comum o fato de resistirem a esforços mecânicos. Entretanto, além disso, elas sofrem também a influência de intemperismos, variações térmicas, dentre outras, que ao longo do tempo, dependendo da sua

empregabilidade, resultará em um determinado grau de deterioração, seja conforme a vida útil da edificação ou devido à fatores patológicos.

Para que uma estrutura seja durável é necessário a adoção de um conjunto de ações e procedimentos que proporcionem a estrutura desempenho satisfatório durante sua vida útil (HIRT, 2014). Uma edificação só pode ser considerada durável se sua vida útil for igual a definida em projeto, ou seja, a durabilidade é a conservação do desempenho durante toda vida útil. Sendo assim, segundo Bertolini (2010), para definir a durabilidade de uma estrutura é necessário que a vida útil de projeto seja definida e informada pelo projetista da estrutura.

Desta forma, o projeto estrutural de uma edificação deve ser elaborado de modo a garantir a segurança, a estabilidade e a funcionalidade da obra, de acordo com as condições ambientais previstas durante a vida útil estabelecida (ABNT, 2014).

A vida útil está ligada diretamente a durabilidade, se a edificação tiver seus produtos ou sistemas prediais duráveis consequentemente terá sua vida útil prolongada. Anos atrás as normas brasileiras deixavam subentendido que 50 anos era o prazo de vida útil especificada em projeto (HELENE, 2005).

Com base na NBR 15575 (2013) a norma brasileira de desempenho especifica que a vida útil de projeto da estrutura de concreto é no mínimo 50 anos conforme o Quadro 01, já os ingleses adotam que a estrutura deverá ter vida útil de no mínimo 60 anos, de acordo com o Quadro 02.

Quadro 01 - Exemplos de Vida Útil de Projeto aplicando os conceitos da NBR 15575 - 2013.

PARTE DA EDIFICAÇÃO	EXEMPLOS	VIDA ÚTIL MÍNIMA	VIDA ÚTIL INTERMEDIÁRIA	VIDA ÚTIL MÁXIMA
ESTRUTURA PRINCIPAL	FUNDAÇÕES, ELEMENTOS ESTRUTURAIS, CONTENÇÕES.	≥ 50 anos	≥ 63 anos	≥ 75 anos
ESTRUTURAS AUXILIARES	MUROS DE DIVISÓRIAS, ESTRUTURA DE ESCADAS EXTERNAS.	≥ 20 anos	≥ 25 anos	≥ 30 anos
VEDAÇÃO EXTERNA	PAREDES DE VEDAÇÕES, PAINÉIS DE FACHADAS.	≥ 40 anos	≥ 50 anos	≥ 60 anos
VEDAÇÃO INTERNA	PAREDES E DIVISÓRIAS INTERNAS, ESCADAS INTERNAS, GUARDA-CORPO.	≥ 20 anos	≥ 25 anos	≥ 30 anos

Fonte: NBR 15575 (2013).

Quadro 02 - Vida útil de projeto recomendada pelos Ingleses.

VIDA ÚTIL	TIPO DE ESTRUTURA
≤ 10 anos	ESTRUTURAS TEMPORÁRIAS.
≥ 10 anos	ESTRUTURAS SUBSTITUÍVEIS.
≥ 30 anos	EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS E REFORMAS.
≥ 60 anos	EDIFÍCIOS NOVOS E REFORMAS PÚBLICAS
≥ 120 anos	OBRAS DE ARTE E EDIFÍCIOS PÚBLICOS NOVOS

Fonte: Helene (2003).

De acordo com a NBR 15575 (2013) determinar a vida útil da edificação não depende apenas da durabilidade dos seus componentes e materiais que o compõe, mas também do ambiente no qual estão inseridos, já que os elementos se deterioram em períodos distintos e em diferentes formas, ou seja, possuem durabilidades desiguais.

2.3 DESEMPENHO DAS ESTRUTURAS

Conforme a NBR 15575 (2013) conceitua-se desempenho como sendo a capacidade que uma construção possui de satisfazer as condições especificadas em projeto, em todos os requisitos como: resistência mecânica, propriedades térmicas e acústicas, aparência visual dentre outras.

Para averiguar se a estrutura está com um desempenho satisfatório, ou seja, se os sistemas da edificação estão adequados e são capazes de atender as necessidades as quais foi projetado é necessário a realização da avaliação de desempenho. Para a avaliação é preciso que seja feita uma investigação baseada em métodos consistentes e embasados, exigindo um amplo conhecimento da funcionalidade de uma edificação, seus materiais e das técnicas de construção (NBR 15575, 2013).

Tokudome (2005) defende que existe uma tendência de otimização do uso do concreto, de forma a reduzir os impactos ambientais e econômicos causados pela utilização de recursos não renováveis e energia através da redução de desperdícios, aumento da durabilidade e da menor variabilidade das características das estruturas.

Ainda de acordo com a NBR 15575 (2013) para atingir a finalidade de se verificar o desempenho dos materiais, é realizada uma investigação precisa e sistemática baseada em métodos embasados, capazes de produzir uma interpretação objetiva sobre o comportamento esperado do sistema nas condições de uso explícitas. Porém, ao longo do tempo, independente

das interferências técnicas que ocorram, os materiais se deterioram, sendo necessário a intervenção da manutenção destes elementos.

2.4 MANUTENÇÃO DAS ESTRUTURAS

É bastante frequente as edificações não cumprirem sua vida útil de projeto devido ao descuido voltado para a manutenção. Essa falta de atenção muitas vezes causa transtorno para seus usuários e grandes custos econômicos para a recuperação da estrutura, ou até mesmo na construção de uma nova para substituir a anterior, devido ao desempenho ter atingido os limites inferiores ao mínimo recomendável (ABNT NBR 5674, 2012).

Conforme a ABNT NBR 5674 (2012) manutenção é o conjunto de serviços a serem executados para manter ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes atendendo as necessidades e segurança dos seus usuários. É importante que a edificação possua um programa de manutenção preventiva e corretiva para que possua a vida útil estimada no projeto e diminua os transtornos causados aos usuários (ABNT NBR 5674, 2012).

Existem alguns tipos de manutenção conforme a ABNT NBR 5674 (2012):

- Manutenção rotineira: que é caracterizada por um fluxo constante de serviços padronizados, como por exemplo, a limpeza geral e lavagem das áreas;
- Manutenção corretiva: que é realizada quando algo já impede o funcionamento dos elementos em questão, ou seja, quando é necessário intervenções imediatas, com intuito de permitir a continuidade do uso dos elementos das edificações, ou evitar riscos pessoais ou patrimoniais a quem usufrui da edificação;
- Manutenção preventiva: que é caracterizada por serviços cuja realização seja programada com antecedência, ou seja, é feita antes que algum problema aconteça, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade e urgência.

As manutenções são de extrema importância para qualquer construção, pois seu principal objetivo é manter a disponibilidade dos elementos, gerenciar os recursos e eliminar os defeitos para manter o padrão de qualidade dos produtos. É através da manutenção que se garante a funcionalidade correta da edificação e além de tudo, a segurança. Sem a realização da manutenção seguindo os critérios técnicos, poderá ocasionar falhas, gastos indevidos, danos aos materiais podendo ocasionar até o impedimento do uso da edificação.

2.5 ORIGEM DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A origem das patologias está diretamente interligada a durabilidade, ou seja, a qualidade dos materiais empregados que constituem a estrutura de concreto e o desempenho longo do tempo está relacionado ao atendimento as necessidades dos usuários e a finalidade para a qual foi projetado (ANDRADE; COSTA; SILVA, 2008).

Cada etapa do processo construtivo deve receber sua devida importância para que o resultado da edificação seja satisfatório e cumpra a função para a qual foi projetada (HIRT, 2014). Ainda segundo Hirt (2014) as causas das anomalias são divididas em duas, as externas que ocorrem quando os agentes causadores dos problemas são os agentes nocivos provenientes do meio ambiente onde a estrutura está inserida. Já as causas internas, que são ocasionadas por erros de seres humanos.

Helene (2003) aborda que a maioria das manifestações patológicas se originam nas etapas de planejamento e projeto e as falhas provenientes de tais etapas são, em geral, as que mais trazem riscos em relação as falhas advindas de outras etapas, como a etapa de execução, como indica o Quadro 03.

Quadro 03 - Classificação das anomalias quanto à sua origem.

FATORES ENDÓGENOS	São aqueles originários de fatores intrínsecos ao próprio sistema edificante periciado, como erro de projeto, material diverso ao especificado pelo projetista, assim como falha na execução;
FATORES EXÓGENOS	São aqueles provenientes de fatores externos ou decorrentes da ação de terceiros, a exemplo de choques mecânicos, exposições dos sistemas periciados líquidos corrosivos, desgaste excessivo por abrasividade não-projetada etc.;
FATORES NATURAIS	Decorrem, principalmente, das condições climáticas previsíveis ou não, onde o calor e sol intensos, o frio excessivo, as chuvas torrenciais, o granizo, as ventanias e demais ações naturais podem alterar as condições de funcionamento dos sistemas projetados;
FATORES FUNCIONAIS	Surgem quando as origens das anomalias construtivas derivam do desgaste do material ou da sua degradação após significativo tempo de vida do sistema edificante, em uso repetitivo e contínuo.

Fonte: Gomide (2015).

2.5.1 Anomalias decorrentes da concepção da estrutura

A primeira fase é a de concepção do projeto. Nesta fase será preciso entender a complexidade da edificação, quais são os requisitos do projeto e as idealizações do cliente. É uma etapa bastante influente nas etapas sequenciais (HIRT, 2014).

Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado que tenham sua causa na concepção do projeto são aquelas que advêm de um mau planejamento do mesmo ou falhas técnicas, sejam por desconhecimento ou negligência. Podem se originar de um mau lançamento da estrutura, erro em execução de anteprojeto ou até mesmo na elaboração do projeto de execução (HIRT, 2014).

As patologias na fase de projeto ocorrem de forma frequente, desde uma escolha equivocada de métodos de cálculo, erro algum levantamento, incompatibilizações entre projetos estruturais e arquitetônicos, detalhamentos não precisos ou equivocados (HIRT, 2014). Ainda segundo Hirt (2014) todas as patologias derivadas desses erros tendem a conter uma difícil solução durante a execução da obra e devem durar pela vida útil da estrutura. Contudo, vale salientar que projetos de qualidade tem grande potencial para reduzir as patologias executivas.

É imprescindível que o projetista conheça bem a durabilidade dos materiais que serão especificados no projeto executivo para avaliar se o desempenho mínimo desejado seja alcançado, é importante que os projetos estejam voltados para a fase de execução, a fim de simplificá-la e adotar procedimentos fundamentados (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Marcelli (2007) os erros em projetos estruturais não são impossíveis de ocorrer, sendo muito difícil que exista algum escritório que tenha calculado inúmeros projetos estruturais sem que haja ocorrido um erro qualquer. O que ocorre é que geralmente na maioria das vezes são corrigidos a tempo, ou não são graves o suficiente para serem notados.

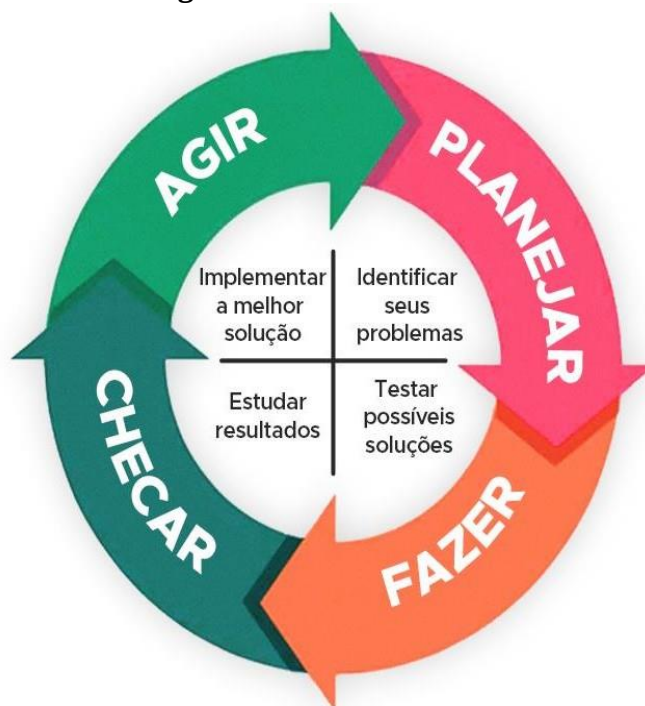
2.5.2 Anomalias decorrentes da execução da estrutura

Castro e Martins (2014) relatam que as patologias existentes nesta etapa estão diretamente correlacionadas aos métodos construtivos, onde adotados erroneamente podem contribuir significativamente para a ocorrência de patologias. Os autores ainda abordam que grande parte das manifestações patológicas decorridas em estruturas está na falta de qualificação da mão de obra empregada na execução.

Quando é iniciada a construção, ela está suscetível à ocorrência de falhas das mais diversas naturezas, associadas a causas variadas como mão de obra desqualificada, déficit em controle de qualidade, execução da obra com pouca qualidade, péssimas condições de trabalhos para os funcionários, irresponsabilidade técnica dos responsáveis etc. Alguns exemplos de patologias geradas por erros na execução de estruturas de concreto armado: trincas em vigas devidas à falta de barras de aço, trincas de elementos estruturais devido ao mau escoramento das formas, falhas no concreto por não ter sido vibrado (TAKATA, 2009).

Para que a execução de uma construção alcance uma boa qualidade é imprescindível que um conjunto de operações possa ocorrer corretamente. De acordo com Oliveira (2013), essas etapas são: planejamento, gerenciamento, recebimento e armazenamento adequado de materiais, além de eficiência na execução do processo construtivo. Para que haja a uma gestão de qualidade para a que a obra alcance o sucesso nas etapas construtivas, pode ser empregado o Ciclo PDCA de acordo com a Figura 01. O ciclo tem como objetivo aperfeiçoar as etapas construtivas.

Figura 01 – Ciclo PDCA.



Fonte: DNC (2020).

Para Sapucaia (2011) a etapa que inicia o ciclo é o planejamento que é considerada a etapa mais importante. É durante o planejamento que os intuitos e metas são estabelecidos e a trajetória a ser seguida para atingir os objetivos. A segunda etapa do ciclo é definida pela

execução, onde as tarefas acontecerão como foram previstas durante planejamento e é de suma importância o treinamento dos colaboradores para que o resultado da execução seja de acordo com o que foi pensado e planejado.

Ainda de acordo com Sapucaia (2011) a terceira fase é a verificação, nesta etapa é feita uma análise se a execução está tendo concordância com o que foi planejado. Por fim a ação corretiva onde vai ocorrer a verificação da existência de algum problema ou desvio na execução diferente do que foi planejado para que seja corrigido com a finalidade de que não ocorra mais.

Implementar um sistema de padronização de processos como o PDCA traz resultados como: ganhos na produtividade, qualidade dos serviços executados, qualidade na escolha dos materiais e o retorno do processo para o seu constante aperfeiçoamento o que contribuirá para maior durabilidade da edificação que está sendo construída (DNC, 2020).

2.5.3 Anomalias decorrentes da utilização da estrutura

Oliveira (2013) destaca que mesmo que todas as fases que antecedem o uso da edificação fossem executadas de forma correta, há possibilidade da existência de patologias por uso inadequado da construção, ocasionado pelo próprio usuário, podendo ser evitada informando as limitações da obra e as devidas possibilidades de utilização, há ainda a possibilidade de ocorrência de patologias devido à manutenção inadequada ou inexistente, originadas por desconhecimento técnico, na falta de interesse ou por problemas econômicos.

É de suma importância um programa de manutenção para garantir o bom desempenho da edificação, alguns exemplos de manutenção periódica que impedem problemas patológicos sérios. Para implantação desse programa de manutenção deve-se criar um manual do proprietário, de linguagem simples e direta, apresentada de forma didática, e entregue ao usuário final, com informações sobre manutenção do edifício, procedimentos e especificações (OLIVEIRA, 2013).

Nessa etapa é necessário se precaver de todos os cuidados necessários e não negligenciar as manutenções periódicas. A manutenção das edificações não pode ser feita de forma improvisada e casual, e sim de forma técnica e por pessoas especializadas (ABNT NBR5674, 2012).

Hirt (2014) aborda que o uso de forma errada de uma construção deve-se a diversos fatores como aplicar sobrecarga na estrutura provinda de utilização para fins diferentes para os quais a obra foi projetada, ou até mesmo alterações estruturais indevidas.

Quando o assunto é concreto, é necessário dar atenção para produtos que venham a causar corrosão do mesmo e das armaduras de aço, assim como para os valores de sobrecargas permitidos nos elementos estruturais. Alguns exemplos de patologias geradas nesta fase são trincas devido à retirada de alguma estrutura cortante para abrir vãos, seja para janelas, portas ou qualquer outra finalidade (TAKATA, 2009).

2.6 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

O concreto armado surgiu visando resolver problemas que haviam na antiguidade, desde esta época o homem procura fazer uso de estruturas que tragam mais facilidade e comodidade para sua vida. A partir do surgimento do concreto armado, suas técnicas de cálculo e projetos foram sendo aperfeiçoados cada vez mais, assim como os cuidados ao executar estruturas desse material (SOUZA E RIPPER, 1998).

Segundo a NBR 6118 (2014) as estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas de forma a conservar sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante a sua vida útil. De acordo com Souza e Ripper (1998) o concreto armado requer certos cuidados na sua preparação, visando assegurar sua vida útil e desempenho.

Souza e Ripper (1998) defendem que a correta execução e uso envolvem estudo do traço, dosagem, manuseio e cura adequados e a manutenção periódica e a prevenção contra agentes agressivos. A maioria das patologias nas edificações ocorre em consequência de falhas de execução e pela falta de controle de qualidade, comprometendo a segurança e a durabilidade do empreendimento. Os problemas patológicos surgem devido a essas falhas, as quais ocorrem durante uma ou mais etapas das atividades inerentes à construção civil: concepção/projeto, execução e utilização.

No caso das estruturas, vários problemas patológicos podem surgir em virtude do que já foi comentado. Uma fiscalização deficiente relacionada a uma baixa capacitação dos profissionais envolvidos pode levar a graves erros em determinadas atividades (SOUZA E RIPPER, 1998).

2.6.1 Corrosão da armadura do aço

Araújo (2013) caracteriza que a corrosão nas armaduras é a manifestação patológica mais detectada em edifícios de múltiplos pavimentos em concreto armado no Brasil. A corrosão das armaduras pode determinar o fissuramento do concreto e até seu deslocamento fazendo com que sua armadura fique exposta ao ambiente.

A corrosão é frequentemente relacionada à presença de teores críticos de íons de cloreto no concreto ou no abaixamento do seu pH devido às reações com compostos presentes no ar atmosférico, especialmente o dióxido de carbono. A armadura de aço pode ser definida como material metálico que em contato com ambientes agressivos estão sujeitos à corrosão (ARAÚJO, 2013).

Podem ocorrer dois tipos de corrosão: a corrosão eletroquímica (aquosa) e a corrosão química (corrosão seca). A corrosão eletroquímica, tipo de corrosão que ocorre em obras civis, vai existir quando as estruturas entram em contato com soluções aquosas, como água doce ou do mar, como o solo, as atmosferas úmidas. A corrosão química é um processo lento e não provoca deterioração superficial das superfícies metálicas (exceto quando se trata de gases extremamente agressivos) (BERTOLINI, 2010).

2.6.1.1 Principais causas de corrosão da armadura do aço

Uma das principais causas da corrosão de armadura do aço é a “bicheira”, ela pode afetar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, que poderão sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso. As principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura, por exemplo, no lançamento ou adensamento do concreto. Algumas vezes, no entanto, a patologia pode ser causada por erro no detalhamento da armadura (FIGUEROLA, 2006). Armaduras muito próximas o que vai impedir que o vibrador entre para fazer o adensamento do concreto. Se não tratada imediatamente, o aço ficará exposto corrompendo sua armadura, conforme mostra a Figura 02.

Figura 02 – Bicheira em estrutura de concreto armado.



Fonte: WEB (2020).

De acordo com Figueirola (2006) outra anomalia muito comum em estruturas de concreto armado é a insuficiência no cobrimento da armadura. Sabe-se que o que protege a armadura do ambiente é o cobrimento que deve ser proporcional à agressividade do ambiente. Quanto mais agressivo o ambiente, maior ele tem que ser. Segundo a NBR 6118 (2014) a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura.

Figueirola (2006) caracteriza ainda que outra anomalia decorrente da corrosão da armadura de aço é o destacamento do concreto. O concreto, quando preparado e lançado corretamente, transforma-se em uma massa homogênea, em que o agregado graúdo está completamente envolto pela pasta de cimento, areia e água. Se ocorre um erro de lançamento ou de vibração, os agregados graúdos separam-se do resto da pasta, formando um concreto cheio de vazios, permeável, facilitando o seu destacamento no decorrer do tempo fazendo com que, posteriormente a armadura fique exposta, de acordo com a Figura 03.

Figura 03 - Armaduras expostas e destacamento do concreto.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

2.6.2 Deterioração do concreto armado

Segundo Helene (2003) a deterioração do concreto armado é caracterizada sempre que ocorrer uma desintegração do concreto, devido a perda do caráter aglomerante do cimento, ficando os agregados soltos pela perda da função da pasta de cimento.

O concreto armado foi considerado durante muitos anos um material eterno, que não necessitava de cuidados ao longo de sua vida útil, dispensando manutenções preventivas. Recentemente este conceito passou ser revisto, levando em consideração a grande quantidade de edificações com problemas de degradação em componentes estruturais (HELENE, 2003).

Conforme Souza e Ripper (1998) todo elemento estrutural apresenta um desempenho mínimo a ser cumprido, de modo a garantir a segurança e a funcionalidade da estrutura. Mesmo sendo dimensionado e executado de maneira correta, o processo de deterioração do concreto armado é inevitável com o passar do tempo, e quando houver o comprometimento da segurança e da funcionalidade da estrutura, é designado à Patologia das Estruturas a análise das causas, consequência e soluções para o problema.

Segundo a norma técnica NBR 15575 (2013) perante as diversas condições de exposição, peso próprio, sobrecargas de utilização, ação do vento e outras, a estrutura deve atender, durante a vida útil de projeto, aos seguintes requisitos:

- Não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- Prover segurança aos usuários sob ação de impactos, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- Não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal requisito atendido caso as deformações se mantenham dentro dos limites estabelecidos nesta norma;
- Não repercutir em estados inaceitáveis de fissuras de vedações e acabamentos;
- Não prejudicar a manobra normal de partes móveis, tais como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento anormal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais.

2.6.2.1 Principais causas de deterioração do concreto armado

Para toda origem da deterioração existe um ou mais agentes responsáveis que, por meio de mecanismos de deterioração, interagindo com o concreto e o aço, de forma gradativa o desempenho da estrutura. A deterioração da estrutura possui três tipos de causas, sendo elas: as causas mecânicas, as físicas e as químicas (SANTOS 2012).

De acordo com Souza e Ripper (1998) apud Santos (2012) as causas nomeadas físicas estão relacionadas com as solicitações mecânicas às quais as estruturas de concreto estão sujeitas, devido a:

- Choques e impactos (por veículos automotores, por exemplo);
- Recalque diferencial das fundações;
- Acidentes imprevisíveis (inundações, explosões e abalos sísmicos).

Além de comprometer a capacidade resistente da estrutura a deterioração por causas mecânicas, facilita a entrada de agentes agressivos na estrutura danificada, principalmente quando o concreto e a armadura ficam expostos devido ao impacto das solicitações (SANTOS 2012).

Já as causas físicas, Santos (2012) defende que elas são resultantes da variação extrema da temperatura, da ação do vento, da água (sob a forma de chuva, gelo e umidade) e do fogo. Dentre os tipos de causas físicas, tem-se:

- Desgastes superficiais podendo ser a abrasão ou erosão;

- Retração hidráulica do concreto fresco;
- Retração ou dilatação térmica.

A deterioração do concreto é iniciada, geralmente, por processos químicos, embora fatores físicos e mecânicos também possam estar envolvidos, em combinação ou não, com os processos químicos. As reações químicas se manifestam através de efeitos físicos nocivos, tais como o aumento da porosidade e permeabilidade, diminuição da resistência, fissuração e destacamento do concreto, além da própria decomposição química da estrutura afetada (SANTOS, 2012).

Poggiali (2009) relata que a degradação química do concreto ocorre devido às causas externas à estrutura (reação direta dos agentes externos com os constituintes da pasta de cimento) e causas internas (reações internas ao concreto, tais como a reação álcali-agregado, formação de compostos expansivos do cimento). As principais causas químicas são as seguintes:

- **Reação álcalis-agregado (RAA):** Santos (2012) diz que a RRA pode ser definida como um termo abrangente usado para explicar a reação química que ocorre internamente em uma estrutura de concreto, levando em consideração os hidróxidos alcalinos provenientes, do cimento e minerais reativos presentes no agregado utilizado. O maior problema desta patologia está no fato que ela possui caráter expansivo, ocasionado a fissuração, que por consequência, aumenta a porosidade do concreto, deixando este mais suscetível à penetração de outros elementos.
- **Presença de cloretos:** Conforme Zamberlan (2013) os íons cloreto são um dos agentes mais nocivos para a corrosão das barras de aço, devido a capacidade de despassivar as armaduras mesmo em PH extremamente elevado. Podem resultar na corrosão das armaduras de forma bastante agressiva. Os elementos que são gerados pela corrosão ocupam um espaço cerca de seis a sete vezes maior do que o aço originalmente ocupava. Isso se dá pela ocorrência da expansão do processo, que acaba gerando uma fissuração na estrutura e, som isso, a deterioração do concreto (TRINDADE, 2015).
- **Ataques por sulfato:** Santos (2012) defende que os ataques por sulfato podem ocorrer no solo, nas águas naturais, nos efluentes industriais e sanitários, ele é definido como um dos mais deteriorantes agentes das estruturas de concreto. Os sulfatos podem atacar a estrutura de forma interna, uma vez que eles podem ser encontrados na água de amassamento, nos agregados, nos aditivos do concreto, nas adições do cimento ou até no próprio cimento.

2.7 DIAGNÓSTICO

Caso uma edificação apresente manifestações patológicas, é necessário a elaboração de uma análise profunda e que se compreenda e considere todo o processo de evolução do caso, ou seja, que seja feito o diagnóstico do problema patológico (IBAPE, 2012).

Tutikian e Pacheco (2013) defendem que o diagnóstico é a etapa mais importante do processo e cabe ser definido nessa fase o sucesso ou fracasso do que será determinado. Sua formatação completa passa por diversas etapas, que remetem a informações coletadas desde a primeira vistoria do local, a coleta de dados para posterior formulação do diagnóstico.

Ainda para Tutikian e Pacheco (2013) o diagnóstico de uma patologia não pode ser realizado de maneira imediata, mas deve ser fruto de uma análise que considera todo o processo de evolução do caso, visto que uma manifestação pode se apresentar de maneiras distintas durante cada fase dele.

Quando o diagnóstico ocorre de maneira equivocada, resultará em intervenções que não serão cabíveis ao verdadeiro problema existente além de dificultar as próximas análises e gerar um gasto desnecessário. Para diagnosticar as patologias, deve-se detectar as manifestações assim como identificar no processo de construção em que etapa elas se originaram e o que provocou o aparecimento deste dano, permitindo assim que seja estabelecido notas quanto ao estado que a obra apresenta, facilitando na tomada de decisões pelo tipo de intervenção e reparo que deve ser aplicado na situação presente (IBAPE, 2012).

Para IBAPE (2012) para se obter um diagnóstico de uma edificação é necessário que seja feita uma inspeção predial, que é definida pela análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação. A inspeção predial é uma ferramenta utilizada na avaliação da edificação, com o objetivo de identificar as origens dos problemas da edificação, o grau de risco, além de conter orientações que melhorem a manutenção.

As inspeções prediais podem ser divididas de acordo com o nível de sua complexidade, variando em Nível 1, Nível 2 e Nível 3; quanto maior o número do nível mais complexo será a inspeção. Além da classificação da inspeção, as anomalias presentes nas edificações são classificadas segundo sua origem, já a classificação das falhas é realizada de acordo com a etapa da construção onde houve a falha, quais sejam, no planejamento, execução, operação ou gerenciamento (IBAPE, 2012).

Quadro 04 - Grau de risco da manifestação patológica.

CRÍTICO	É aquele que provoca danos contra a saúde e segurança das pessoas e meio ambiente, com perda excessiva de desempenho e funcionalidade, causando possíveis paralisações, aumento excessivo de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização imobiliária acentuada;
REGULAR	É aquele que provoca a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação, sem prejuízo à operação direta de sistemas, deterioração precoce e desvalorização em níveis aceitáveis;
MÍNIMO	É aquele causado por pequenas perdas de desempenho e funcionalidade, principalmente quanto à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos relativos aos impactos irreversíveis e parcialmente recuperáveis, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

Fonte: IBAPE (2012).

Na Inspeção predial é importante que o grau de risco em que a anomalia se encontra na edificação, seja especificado. De acordo com IBAPE (2012), este grau de risco pode ser dividido em três graus, o Quadro 04 acima detalha os graus de riscos.

3 METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho a primeira etapa foi a definição da edificação que seria estudada. A edificação objeto do presente trabalho corresponde à atual edificação do CEP/SENAC, localizada na Rua São Tomé, 444, bairro de Cidade Alta, Natal/RN, como mostra a Figura 04.

Figura 04 – Imagem do prédio do SENAC/RN.



Fonte: Arquivo da autora (2020).

Com a edificação escolhida foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as patologias das construções, a fim de obter embasamento científico suficiente para realizar o adequado diagnóstico acerca dos problemas encontrados no Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial de Natal/RN.

Para a realização da fase seguinte do trabalho foram realizadas algumas visitas no local, divididas em três etapas, a fim de identificar as manifestações patológicas:

- **Inspeção visual:** nas primeiras visitas ao local foi realizado voltas no interior da edificação com intuito registrar a ocorrência de problemas estruturais na edificação. Às adversidades detectadas, possíveis causas foram atribuídas por meio de análise visual e de considerações concernentes ao ambiente onde a

obra é localizada. Para a realização destas associações, foram utilizadas as referências apresentadas em literatura pertinente, obtidas por meio de pesquisa bibliográfica;

- **Coleta de dados:** nessa etapa o primeiro passo foi a realização de entrevistas com usuários do local com o intuito de obter informações sobre a edificação, possíveis manifestações patológicas e suas causas. Além disso, foi feito registros fotográficos e anotações das localizações das patologias;
- **Elaboração de croquis:** Com todos os dados coletados, foram feitos croquis da planta da edificação no local, com suas respectivas patologias e sua digitalização com o software AutoCad 2020;
- **Prognóstico:** Após a realização das atividades citadas acima de modo integrado ao diagnóstico, foi possível relacionar as possíveis soluções para a estrutura de análise e; por último, houve a escolha do prognóstico que levasse em consideração os melhores resultados com menores custos.

A inspeção escolhida foi a “in loco”. Esta inspeção é classificada como “Inspeção de Nível 02”, realizada em edificações com média complexidade técnica, de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Esta atividade é representada por uma análise expedita dos fatos e sistemas construtivos vistoriados, com a identificação de suas anomalias e de falhas que se apresentam de forma aparente, a indicação da causa, origem e possíveis soluções do problema.

3.1 LEVANTAMENTO SOBRE INFORMAÇÕES DA EDIFICAÇÃO DO SENAC/RN

O Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAC) é uma entidade vinculada ao Sistema Fecomércio RN- organização composta ainda pelo Serviço Social do Comércio (SESC) e pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do Comércio (IPDC), cujo principal objetivo é conduzir processos de representatividade na defesa dos interesses e desenvolvimento do segmento do comércio de bens, serviços e turismo no estado. O SENAC é uma instituição privada, sem fins lucrativos, com finalidade pública.

O imóvel está inserido na classe das edificações públicas de uso especial, ou seja, são imóveis construídos ou adaptados com recursos públicos para exercício de atividade administrativa ou para a prestação de serviços públicos. A estrutura da edificação encontra-se em reforma geral para adequação.

A edificação possui paredes de fechamento de alvenaria em todos os pavimentos. As instalações hidráulicas, elétricas, de ar-condicionado e de combate a incêndio são embutidas em forros e alvenarias, na maioria dos ambientes investigados.

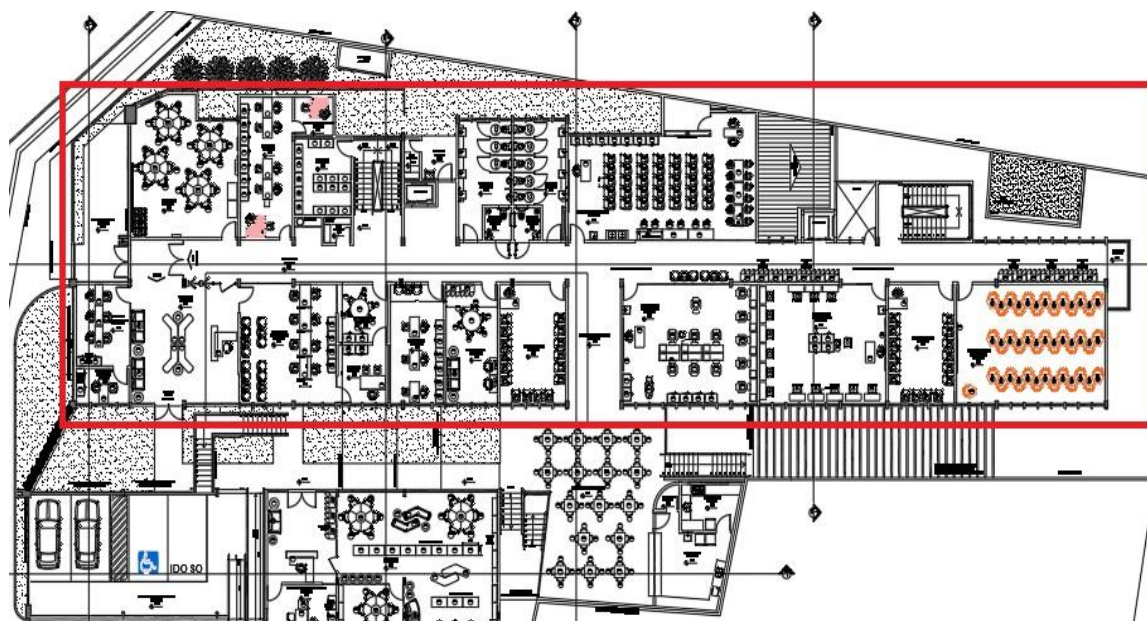
A edificação objeto corresponde à atual edificação do CEP/SENAC, localizada na Rua São Tomé, 444, bairro de Cidade Alta, Natal/RN, conforme a Figura 05.

Figura 05 - Imagem de satélite da edificação, localizada a 300 m do Rio Potengi.



Fonte: Adaptado Google Earth (2021).

Figura 06 - Indicação da área investigada, de acordo com projeto arquitetônico.



Fonte: SENAC (2020).

A Figura 06 acima indica a área da edificação que foi investigada. Trata-se de uma edificação com sistema estrutural em concreto armado do tipo convencional, com idade de construção aproximadamente igual a 50 anos, segundo relatos dos funcionários do prédio. A edificação possui um total de 06 pavimentos, sendo divididos em: subsolo; 1º pavimento; 2º pavimento; 3º pavimento; 4º pavimento e cobertura, além do reservatório superior, com estrutura em concreto armado moldada “in loco” com lajes maciças apoiadas em vigas que transferem as cargas para os pilares e fundações.

3.2 INFORMAÇÕES SOBRE AS CONDIÇÕES DE EXPOSIÇÕES E A AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

De acordo com a NBR 6118 (2014) a agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento da estrutura.

Considerando a região onde a edificação está construída, sendo esta uma área de intensa atividade urbana e distante aproximadamente 1,5 km do ambiente marinho, porém somente a 300 metros do Rio Potengi, possuindo uma umidade relativa do ar média em torno de 75 % ao longo do ano, pode-se classificar, com base na Figura 07 da referida norma técnica, que a edificação se encontra na classe de agressividade muito forte tipo IV.

Figura 07 - Classes de agressividade ambiental (CAA).

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
II	Moderada	Submersa	Pequeno
III	Forte	Urbana ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Marinha ^a	Elevado
		Industrial ^{a, b}	
		Industrial ^{a, c}	
		Respingos de maré	

^a Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

^b Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118 (2014)

3.3 DIAGNÓSTICO

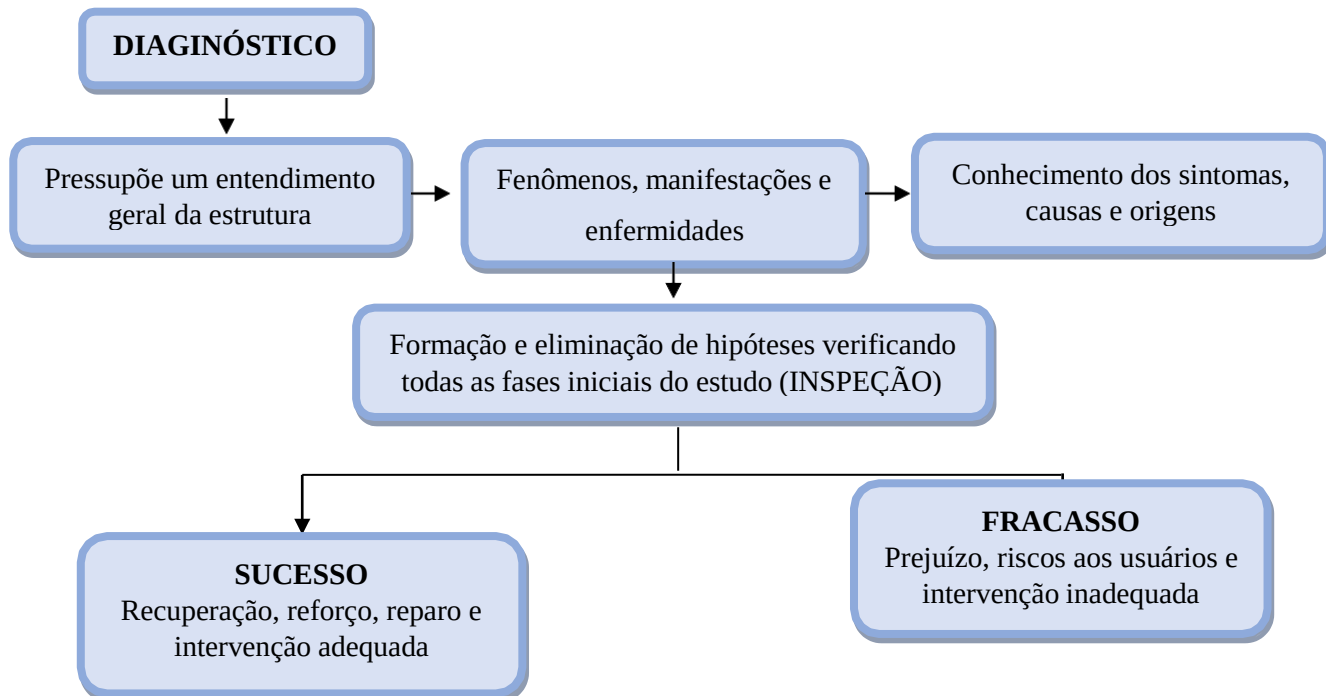
Após todos os dados e informações coletados foi realizado o diagnóstico das manifestações patológicas das estruturas de concreto armado do SENAC. O diagnóstico foi realizado a partir de informações bibliográficas, onde houve um comparativo entre as manifestações encontradas no local e as presentes em bibliografias.

Também foi realizado uma análise de risco, seguindo os critérios presentes no Manual de Inspeção do IBAPE, ou seja, as patologias foram classificadas segundo o risco (crítico, médio e mínimo) que ofereciam tanto para os usuários como para o meio ambiente.

Após a classificação dos possíveis riscos, foi realizado um mapa com as manifestações patológicas e sua localização presentes no SENAC e, por fim, foi feito um esquema de soluções sugeridas para as patologias existentes na edificação.

A inspeção deve ser realizada por profissionais habilitados e qualificados. O Fluxograma 01 mostra como é realizado um diagnóstico de manifestações patológicas.

Fluxograma 01 – Etapas de um diagnóstico.



Fonte: Adaptado TUTIKIAN; PACHEC (2013).

Vale ressaltar que sempre existe um grau de incertezas no diagnostico, só saberá se o diagnóstico foi realmente correto com a resposta vinda da estrutura com relação ao tratamento que foi sugerido (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a análise da edificação, foram registradas diversas ocorrências de manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado. Tais problemas, em sua grande maioria, possuem como característica o destacamento ou desagregação da camada de concreto de cobrimento e corrosão das armaduras, sendo constatado o surgimento de reações decorrosão em elementos de vigas, pilares, lajes e elementos de fachada.

Além dos problemas citados, também foi constatado problema em alvenarias de platibanda em todos os pavimentos, com ausência de travamento, com situação mais crítica ocorrendo no nível da cobertura, onde esta encontrava-se totalmente sem travamento, apresentando risco de desabamento.

4.1 LOCALIZAÇÃO DAS PATOLOGIAS

As manifestações patológicas do SENAC estão localizadas em estruturas de concreto armado do prédio. Como a edificação está passando por uma reforma, as demais patologias que a estrutura apresentava foram demolidas e executadas novamente, devido o prédio ser antigo. Já para as estruturas de concreto armado deverá passar por um plano de recuperação.

A Figura 08 mostra a legenda da localização das manifestações patológicas na instituição desenhadas no programa AutoCAD 2020, com o intuito de discernir o significado dos símbolos apresentados nos croquis elaborados.

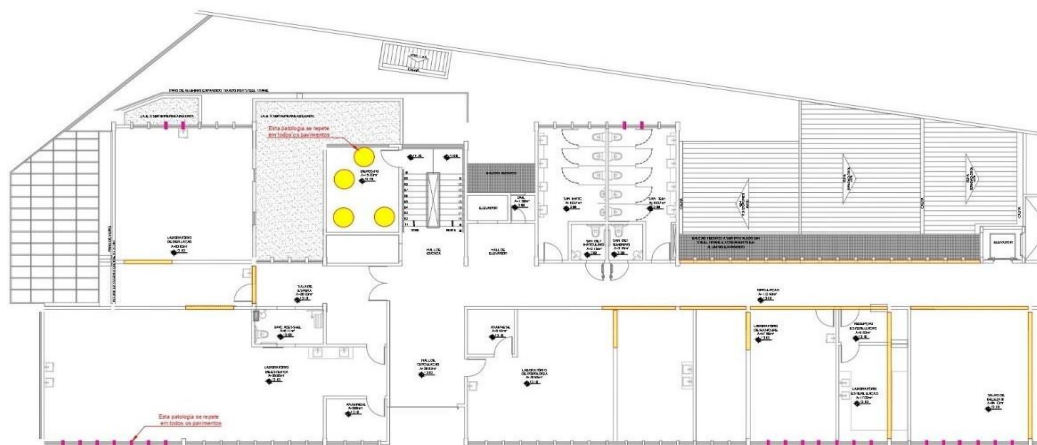
Figura 08 – Legenda com identificação de patologias.

LEGENDA:	
	Laje com armadura exposta - Reforço
	Laje com armadura exposta - Recuperação
	Viga com armadura exposta
	Viga fissurada
	Viga com deslocamento
	Elemento de fachada com armadura exposta ou fissurado
	Pilar com armadura exposta ou fissurado
	Abertura em laje com armadura exposta
	Platibanda sem travamento

Fonte: Arquivo da autora (2021).

A Figura 09 apresenta a localização das manifestações patológicas existentes em um dos pavimentos da instituição, desenhadas também no programa AutoCAD 2020.

Figura 09 – Localização de manifestação patológicas em um dos pavimentos.



Fonte: Adaptado do SENAC (2021).

O local do prédio que possui maior grau de risco é a cobertura, apresentando risco crítico, devido as alvenarias de platibanda que estava totalmente sem travamento, apresentando risco até de desabamento, como citado anteriormente. A Figura 10 mostra a cobertura com a platibanda da cobertura completamente danificada (de acordo com legenda mostrada na Figura 08).

Figura 10 – Platibanda da cobertura sem travamento.



Fonte: adaptado SENAC (2021).

4.2 ARMADURA EXPOSTA E CORROSÃO DE ARMADURAS

No decorrer da inspeção, foi constatado deslocamento do concreto e corrosão das armaduras de alguns lances de pilares, distribuídos ao longo dos pavimentos. Na obra em questão essas anomalias vêm se manifestando de forma sistêmica, conforme ilustrado na Figura 11.

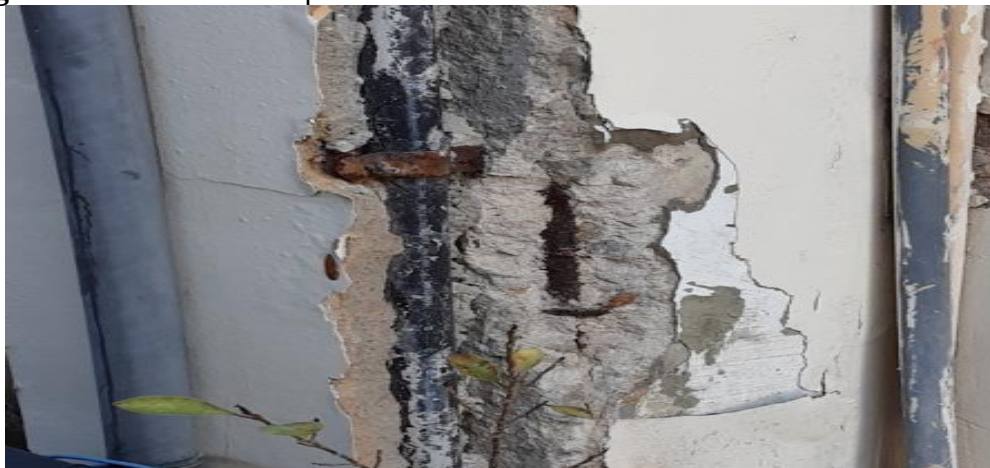
Figura 11 - Armaduras expostas e destacamento do concreto de cobrimento.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

A investigação técnica do problema teve o seu início a partir da avaliação das características físicas da região durante a inspeção “in loco” realizada, sendo possível inferir que na edificação em questão as manifestações patológicas estão cada vez mais generalizadas, como mostra as Figuras 12 e 13:

Figura 12 - Armaduras expostas e destacamento do concreto de cobrimento em pilar.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

Figura 13 - Armaduras expostas e destacamento do concreto de cobertura em laje.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

Após essas avaliações, de imediato, algumas foram as hipóteses como prováveis origens dessas manifestações patológicas, sendo elas: cobertura das armaduras de concreto insuficiente, uma vez que trata-se de uma edificação com mais de 50 anos, projetada em uma época que as normas estabeleciam cobrimentos mínimos menos rigorosos do que os atuais estabelecidos; concreto com alta permeabilidade e elevada porosidade; adoção de procedimentos inadequados de execução; ausência de manutenções periódicas; desgaste natural pelas intempéries físico-químicas do ambiente. Dentre as hipóteses citadas cabe destacar que, com exceção da última citada (fatores naturais), todas dizem respeito a fatores endógenos ou funcionais.

4.2.1 Causas das anomalias

Provavelmente o principal fator causador da manifestação patológica apresentada está relacionado a um cobrimento insuficiente, parâmetro imprescindível para garantir uma adequada durabilidade e vida útil da estrutura. Na época de elaboração do projeto estrutural e construção da edificação, os cobrimentos mínimos exigidos eram menores do que os atuais prescritos pela NBR 6118 (2014). Também é atual o conceito de durabilidade das estruturas, onde, a NBR 6118 (2014), em seu item 7.4 diz “Atendida as demais condições estabelecidas nesta seção, a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto de cobrimento das armaduras.”

Ainda assim, em seu item 7.4.7.1 recomenda: “Para atender aos requisitos estabelecidos nesta Norma, o cobrimento mínimo da armadura é o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado”. A Figura 14 apresenta os cobrimentos mínimos exigidos pela atual norma, a NBR 6118 (2014).

Figura 14 - Relação classe de agressividade ambiental e espessura da camada de cobrimento.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118: 9 (2014).

Aliado a este fator, a ausência de manutenções periódicas efetivas na edificação, conforme prescreve a atual NBR 5674 (2012), contribuiu para o avanço da corrosão nas armaduras dos elementos estruturais, com expansão volumétrica destas e consequente deslocamento do concreto de cobrimento.

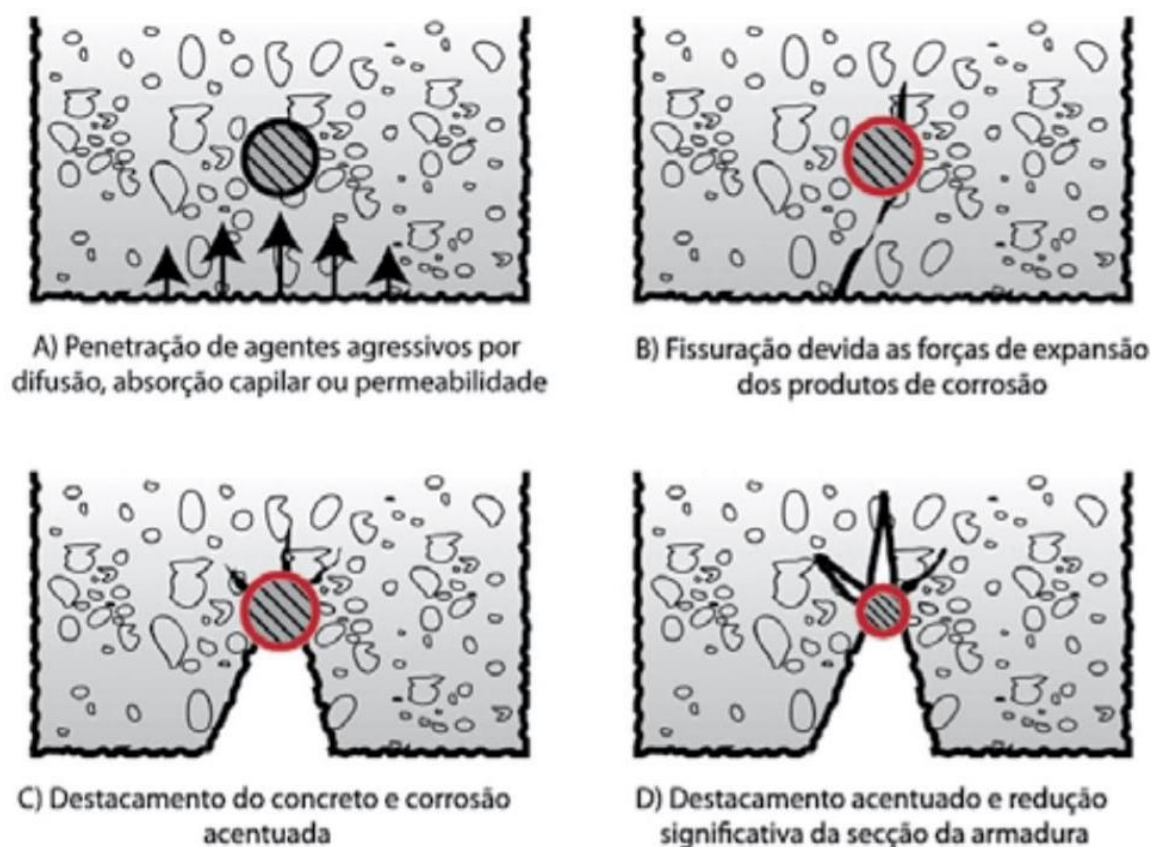
4.2.2 Mecanismo de ação

Por se tratar de uma região próxima ao ambiente marinho, o concreto sofreu o ataque de íons cloreto presentes na atmosfera, conhecidos como névoa salina ou simplesmente

“maresia”. Após o ataque dos agentes agressivos na estrutura, o concreto necessita ter baixa permeabilidade e uma adequada camada de cobertura das armaduras para que os íons não atinjam a superfície das armaduras, e inicie assim, o processo de corrosão.

Com o início do processo de corrosão do aço, é produzido o óxido de ferro hidratado que, por possuir um volume maior, exerce uma pressão sobre o material que o prende, neste caso o concreto. Tal pressão é suficiente para desagregar algumas regiões de concreto e expor ainda mais a armadura ao ambiente, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15 - Evolução esquemática da deterioração de estruturas de concreto por corrosão de armaduras.



Fonte: (HELENE, 1986).

4.2.3 Grau de risco

A corrosão das armaduras e o consequente destacamento do concreto esquematizado na figura anterior e registrado nas fotografias presentes neste trabalho, pode colocar em risco a segurança e a saúde dos usuários da edificação, visto que além de comprometer a capacidade resistente do elemento estrutural, reduz consideravelmente a vida útil da estrutura.

Os pilares que apresentam corrosão de armaduras devem ser classificados como GRAU DE RISCO REGULAR, de impacto parcialmente recuperável, com imposição de riscos à estabilidade e à segurança, perda parcial de desempenho e funcionalidade da estrutura e deterioração, necessitando de intervenções.

4.3 EXISTÊNCIA DE NINHOS DE CONCRETAGEM EM VIGAS E LAJES

Durante a vistoria, também foram identificados ninhos de concretagem (segregação) em vigas do terceiro e quarto pavimentos e lajes do subsolo. Os ninhos foram oriundos da dificuldade de penetração do concreto nas formas durante o processo de lançamento e adensamento, como está ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Existência de ninhos (segregação) em lajes e em vigas.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

4.3.1 Origem e causas das anomalias

As causas prováveis das manifestações patológicas apresentadas podem estar relacionadas com: dosagem inadequada; dimensão máxima do agregado incompatível; lançamento e adensamento do concreto inadequados ou taxa excessiva de armadura. Com relação ao ninho apresentado nas lajes (subsolo), constatou-se a existência de blocos

cerâmicos e tubulações que atravessam a laje, impedindo a passagem do concreto nas regiões inferiores da laje. Portanto, todas as hipóteses são também relacionadas a fatores intrínsecos ao próprio sistema edificante analisado, como erro de projeto, material diverso ao especificado ou de pouca qualidade, assim como falha na execução.

4.3.2 Grau de risco

As vigas e lajes que apresentaram ninhos de concretagem (segregação) devem ser classificados como GRAU DE RISCO REGULAR, de impacto parcialmente recuperável, com imposição de riscos às estabilidades e segurança, perda parcial de desempenho e funcionalidade da estrutura e deterioração, necessitando de intervenções.

4.4 AUSÊNCIA DE TRAVAMENTO EM PLATIBANDAS DE ALVENARIA

Por fim, durante inspeção foi constatada a existência de alvenarias de platibanda sem nenhum tipo de travamento (pilaretes e cintas), estando totalmente “soltas”, sendo compostas apenas por blocos cerâmicos ligados por argamassa, os quais já se apresentam desgastados pela ação do tempo e das intempéries, com risco de desabamento em diversos locais específicos, conforme a Figura 17.

Figura 17 - Platibanda com ausência de travamento.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

Tal anomalia ocorreu em todos os pavimentos, nas regiões de sacadas e varandas, com maior gravidade no nível da cobertura, onde parte da platibanda já se encontra em estágio bem avançado de desgaste, com ruptura parcial de alguns elementos, apresentando risco de desabamento de materiais para os níveis inferiores, de acordo com as Figuras 18 e 19.

Figura 18 - Platibanda com ausência de travamento e com elevado grau de desgaste.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

Figura 19 - Platibanda com ausência de travamento do 2º pavimento.



Fonte: Arquivo da autora (2021).

4.4.1 Causas e origens das anomalias

As causas prováveis das manifestações patológicas apresentadas podem estar relacionadas com: ausência de um detalhamento específico do projeto da platibanda ou falhas de execução, com desobediência às orientações indicadas em projeto. As hipóteses apresentadas são também relacionadas a fatores endógenos.

4.4.2 Grau de risco

Por apresentarem um risco de desabamento de parte de sua estrutura, devido aodesgaste da argamassa de ligação dos blocos e dos próprios blocos cerâmicos, tais anomalias apresentam-se com GRAU DE RISCO CRÍTICO, sendo aquele que pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e meio ambiente, com perda excessiva de desempenho e funcionalidade, causando possíveis paralisações, aumento excessivo de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização imobiliária acentuada, exigindo reparos imediatos e uma interdição da área localizada nos níveis inferiores, onde há risco de queda de material.

4.5 SOLUÇÃO PROPOSTA

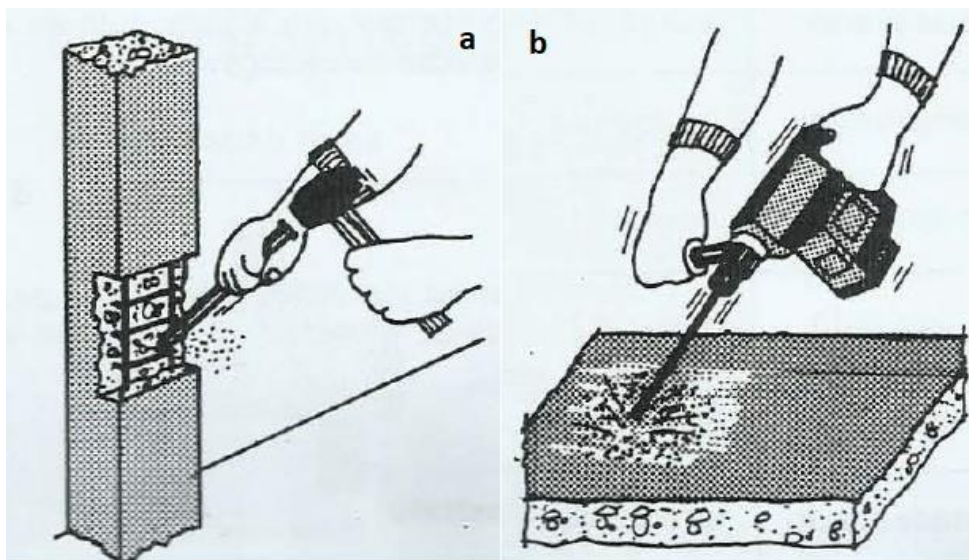
A recuperação de uma estrutura afetada por alguma manifestação patológica não é realizada de maneira rígida. Normalmente existem vários métodos ou sistemas de reparo para se utilizar, dependendo da gravidade e do tipo de manifestação. A escolha do método ideal dependerá de alguns fatores como a possibilidade de acesso ao local de reparo, fatores econômicos e condicionantes técnicas, que variam de caso a caso. No caso de estruturas deterioradas por corrosão de armaduras, a situação se torna um pouco mais complicada, à medida que o reparo deverá atuar em um ambiente que é, comprovadamente, agressivo.

Uma vez constatada as manifestações patológicas ora citadas, é necessário de execução dos serviços abaixo enumerados, referentes à recuperação estrutural dos elementos. Estes serviços são especificações gerais e devem ser executados por empresa devidamente qualificada e especializada em recuperação de estruturas de concreto:

1. Executar escoramento dos elementos estruturais a serem reparados;

2. Demolição, apicoamento ou corte de todo o concreto segregado ou material inadequado utilizado em reparo anterior, deixando pelo menos 2,5 cm livres ao redor das barras de aço, até encontrar concreto são, bem como o bota-fora do material proveniente desta retirada, de acordo com a Figura 20:

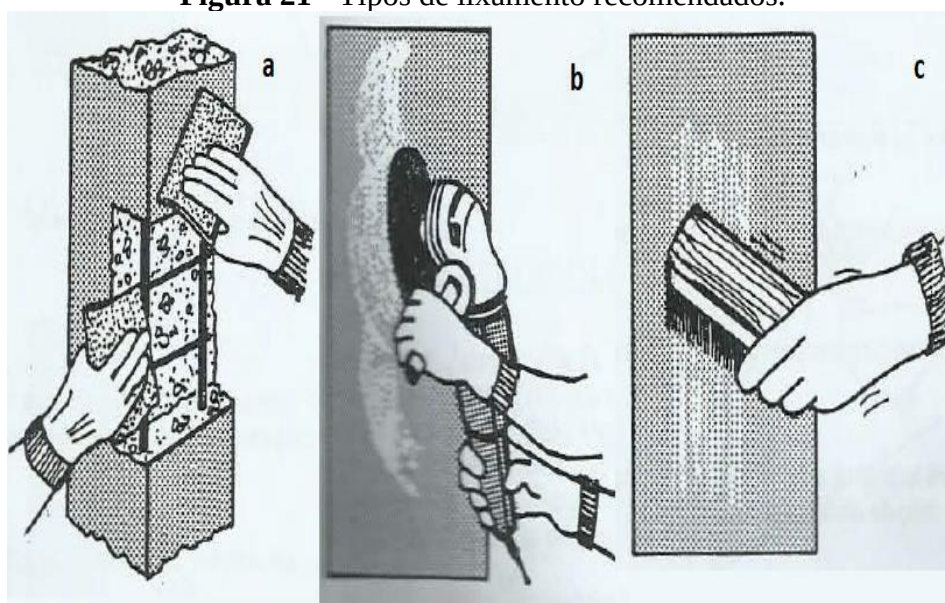
Figura 20 - Tipos de escarificação recomendadas para o apicoamento.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

3. Limpeza do concreto remanescente e armaduras na região do reparo, podendo-se utilizar técnicas, conforme mostra a Figura 21.

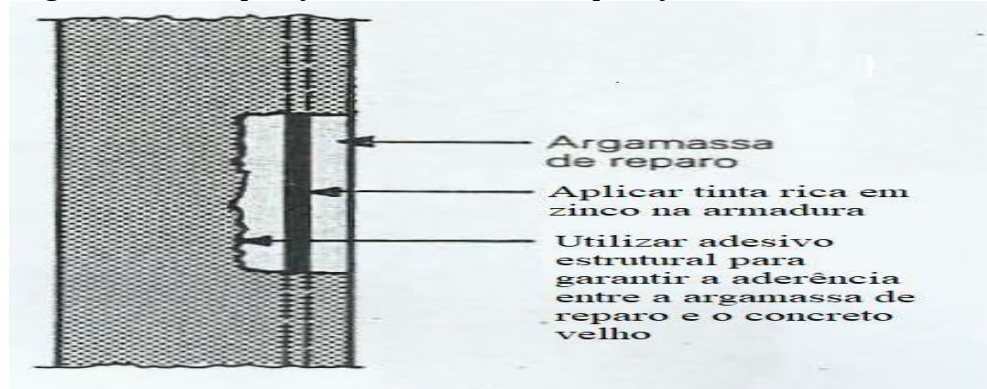
Figura 21 - Tipos de lixamento recomendados.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

4. Caso as armaduras das lajes, pilares e vigas apresentem um determinado grau de corrosão, com perda de seção de aço (acima de 10%), tais armaduras deverão ser substituídas por novas barras de aço;
5. Recuperação estrutural com recomposição e proteção das armaduras remanescentes com a aplicação de tinta com alto teor de zinco e, caso necessário, aplicar um inibidor de corrosão, conforme mostra a Figura 22.

Figura 22 - Recuperação de armadura com aplicação de tinta rica em zinco.



Fonte: Souza e Ripper (1998).

6. Saturação com água da superfície a ser reparada;
7. Aplicação de argamassa para reparo estrutural, com utilização de graute fluido ou tixotrópico (a depender de cada situação);
8. Acabamento do reparo executado.
9. E, por fim, executar cura úmida por 7 dias, após início da pega.

Tratando-se de manifestações patológicas originadas por corrosão, fenômeno este complexo e difícil de se tratar, pois exige procedimento específico para eliminação completa incluindo realização de possíveis ensaios para um completo diagnóstico, recomenda-se a realização de todos os serviços por empresa especializada em recuperação de estruturas de concreto armado.

Em relação às alvenarias de platibandas sem travamento, que foi outra patologia identificada durante a análise, a solução seria a utilização de pilaretes e cintas de amarração de concreto armado. Os pilaretes deverão ser espaçados a cada 3,00 metros, como ilustra a Figura 23 a seguir.

Figura 23 - Platibanda de alvenaria com pilares para travamento.



Fonte: CARLUC (2020).

As etapas de recuperação estrutural especificadas apresentam as diretrizes genéricas da ações de reparo a serem realizadas, devendo o profissional responsável consultar os manuais dos materiais utilizados e proceder conforme as recomendações dos mesmos, podendo ser adicionados novos procedimentos executivos, a depender: da necessidade e especificidade de cada serviço de recuperação estrutural; técnicas de execução de cada empresa; bem como treinamento da mão-de-obra e materiais disponíveis na região.

As etapas de recuperação abordadas neste trabalho são referentes ao tratamento baseado na reconstituição do concreto deteriorado ou contaminado e a limpeza das armaduras corroídas. O principal objetivo da recuperação estrutural, no caso da corrosão de armaduras, por exemplo, é restaurar a proteção à armadura reestabelecendo as propriedades físicas e características estéticas e geométricas do componente de concreto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado foi possível identificar através de inspeção visual presença de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial. De modo geral, o presente trabalho realizado na estrutura do prédio permite concluir que houve uma degradação significativa de alguns elementos estruturais ao longo do tempo, com diferentes graus de criticidade.

Diante dos resultados encontrados tem-se as seguintes considerações:

- As anomalias tiveram como causa principal o cobrimento insuficiente, parâmetro imprescindível para garantir uma adequada durabilidade e vida útil da estrutura. Na época de elaboração do projeto estrutural e construção da edificação, os cobrimentos mínimos exigidos eram menores do que os atuais prescritos pela NBR 6118 (2014). Adicionalmente, ocorreu ao longo dos anos um desgaste natural pelas intempéries físico-químicas do ambiente, além da ausência de um plano de manutenção preventiva.
- Outros fatores que podem ter contribuídos foram o concreto com alta permeabilidade ou elevada porosidade e adoção de procedimentos inadequados de execução. Na maioria dos casos, os elementos estruturais que apresentam corrosão em suas armaduras apresentam-se com um GRAU DE RISCO REGULAR, sendo parcialmente recuperável, necessitando das intervenções expostas nas soluções.
- Por outro lado, as anomalias referentes à ausência de travamentos em alvenarias de platibanda, especialmente no nível da cobertura, apresentam-se com GRAU DE RISCO CRÍTICO, havendo risco de queda de material e acidentes, havendo necessidade imediata de interdição de áreas e realização dos reparos.

O diagnóstico consiste em uma etapa primordial para garantir a eficiência das soluções empregadas. Isto pode ser afirmado uma vez que uma correção inadequada pode agravar o respectivo problema ao invés de agravá-lo, além de originar novos problemas.

É importante ressaltar que as análises e estudos realizados não consideraram a fase de dimensionamento dos elementos estruturais, ou seja, concentrou-se na investigação dos problemas encontrados em campo.

De acordo com o diagnóstico desenvolvido e das soluções propostas neste trabalho é recomendável que sejam realizadas as devidas intervenções, desenvolvendo um plano de manutenção das estruturas de concreto e metálicas, em acordo com a NBR 5674 (2012), por meio de profissionais tecnicamente habilitados para que as manifestações patológicas existentes da edificação não desencadeiem outros problemas para a instituição.

REFERÊNCIAS

- ALIPRANDINI, Iago David. **Avaliação de Incidências de Fissuras em Imóveis Residenciais**. Trabalho de conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para a obtenção do título de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, CAMPO MOURÃO, 2015.
- ANDRADE, T.; COSTA E SILVA, A. J. **Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenções das estruturas**. 2008. Artigo científico. Disponível em: Acesso em: 09 set. 2021.
- ARAÚJO, A. *et al.*, **Monitoramento da corrosão em estruturas de concreto: sensor de umidade, de taxa de corrosão e de fibra óptica**. São Paulo: Técnica 195, p.62-72 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5674: **Manutenção de edificações** — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.
- _____. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**; tradução Leda Maria Marques Dias Beck. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- _____. **Materiais de construção**. São Paulo: Oficina de texto. 2010. 415p.
- CARLUC. **Platibanda – Elementos, Imagens e Dicas**. 2020. Disponível em: <https://carluc.com.br/elementos-construtivos/platibanda/>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- CASTRO, Maicon D. de; MARTINS, Renato M. **Análise e sugestões terapêuticas das manifestações patológicas de infiltração de um edifício com mais de 20 anos – estudo de caso**. 2014. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- DNC. **O que é o Ciclo PDCA?**: conheça as quatro etapas do ciclo pdca.. Conheça as quatro etapas do ciclo PDCA. 2020. Disponível em: < <https://dnc.group/blog/projetos/o-que-e-o-ciclo-pdca/> >. Acesso em: 09 set. 2020.
- FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem**. São Paulo: Técnica. 109, abr. de 2006. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-1.aspx>>. 10 out. 2021.
- FERREIRA, Joana Alexandra de Almeida. **Técnicas de Diagnóstico de patologias em edifícios**. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em engenharia civil. Portugal, 2010.
- HELENE, P.R. **Corrosão de armaduras para concreto armado**. São Paulo: Pini, 1986.

HIRT, Bruno Francisco. **Manifestações Patológicas em Obras de Escolas Públicas Estaduais do Paraná**. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - **Norma de Inspeção Predial**, São Paulo, 2012.

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

MARINHO, Jefferson Luiz Alves; MESQUITA, Esequiel Fernandes Teixeira. **PATOLOGIAS DAS EDIFICAÇÕES**: manifestações nas edificações e no patrimônio histórico. Cariri: Leud Editora, 2020. 264 p.

NBR 15575. **Edificações habitacionais** — Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

NAKAMURA, J. **Cobrimento de armaduras**. São Paulo: Equipe de obra. 45, dezembro de 2011. Disponível em: <<http://equipededeobra.pini.com.br/construcao-reforma/45/cobrimento-de-armaduras-espessura-de-camada-de-concreto-sobre-250451-1.aspx>>. Acesso em: 06 set. 2021.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise Chemale. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal de criciúma**. 2011. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/151/1/Daniel%20Nazario.pdf>. Acesso em: 15 set. 2021.

OLIVEIRA, Daniel F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Civil. Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

POGGIALI, F. S. J. **Durabilidade de estruturas de concreto em usinas siderúrgicas**. 81f. Monografia (Aperfeiçoamento / Especialização), Especialização em Construção Civil – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SAKAI, Rodrigo Alexsandro. **Patologias em Alvenarias de Vedação**: Estudo de Caso em uma Residência Localizada na Cidade de Curitiba. Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Patologia das Construções, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Curitiba, 2017.

SAPUCAIA, Rafael Monteiro. **Método PDCA aplicado à Engenharia Civil: um estudo no canteiro de obras**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá, Paraná, 2011.

SANTOS, M. R. G., **Deterioração das estruturas de concreto armado** – estudo de caso. 2012. 122f. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/88.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2021.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

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

TOKUDOME, M., **A sustentabilidade da indústria de pré-fabricados**, In. 1º. Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado, 1, 2005, São Carlos. Anais. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2005, CD ROM.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**. 2015. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_DIEGO%20DOS%20SANTOS%20DA%20TRINDADE.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. **Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil**. Mérida – México: ALCONPAT Int., 2013.

WEB, Aec. **Patologias de estruturas de concreto: identificação e tratamento. identificação e tratamento**. 2020. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/patologias-de-estruturas-de-concreto-identificacao-e-tratamento/14342>> Acesso em: 15 set. 2021.

ZAMBERLAN, F. B., **Penetração de cloretos em concretos compostos com cinza de casca de arroz de diferentes teores de carbono grafítico**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2013.