



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

RAISSA DIAS PINTO

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA PÚBLICA
PARALISADA NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

MACAPÁ-AP

2024

RAISSA DIAS PINTO

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA PÚBLICA
PARALISADA NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil, campus Marco Zero, da Universidade Federal do Amapá, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Heldio José Carneiro de Souza.

MACAPÁ-AP

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

P659a Pinto, Raissa Dias.

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA PÚBLICA PARALISADA NA CIDADE DE MACAPÁ-AP / Raissa Dias Pinto. - Macapá, 2024.

1 recurso eletrônico. 96 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá.
Coordenação do Curso de Engenharia Civil. Macapá, 2024.

Orientador: Prof. Me. Heldio José Carneiro de Souza.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Manifestações patológicas. 2. Obras inacabadas. 3. Método de Lichtenstein. I. Souza, Heldio José Carneiro de Souza, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 624.1834

PINTO, Raissa Dias. ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA PÚBLICA PARALISADA NA CIDADE DE MACAPÁ-AP . Orientador: Prof. Me. Heldio José Carneiro de Souza.. 2024. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá. Macapá, 2024.

RAISSA DIAS PINTO

**ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM UMA OBRA PÚBLICA
PARALISADA NA CIDADE DE MACAPÁ-AP**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil, campus Marco Zero, da Universidade Federal do Amapá, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data de aprovação: 18 de março de 2024.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Heldio José Carneiro de Souza

Orientador

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira

Examinador Interno

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Prof. Me. Jair José dos Santos Gomes

Examinador Interno

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP

Este trabalho é dedicado ao meu querido avô Benedito Braga (*in memoriam*), eterno mestre e apaixonado por obras, que agora contempla, de um lugar celestial, a realização do sonho de ver sua neta tornar-se engenheira.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por me conceder vida e saúde, e por me permitir ter forças para enfrentar as batalhas diárias sem perder a esperança e a fé.

Aos meus pais, Assis e Edna, por serem a minha base sólida e por ensinarem desde cedo a importância dos estudos e da busca pelo conhecimento. Muito obrigada pelo apoio, pelo incentivo constante e por todo o sacrifício feito para não deixar nada faltar. Mãe, sou especialmente grata por todos os lanchinhos e bilhetes de incentivo que você preparou para mim enquanto eu me dedicava aos estudos.

À minha namorada, Alicia, por ser minha companhia e apoio durante essa reta final do curso, eu agradeço por todo o apoio e paciência durante essas etapas. Obrigada por me lembrar todos os dias do meu potencial.

Aos meus amigos, em especial Marcos e Francisco, com quem pude compartilhar minhas dificuldades, meus medos, meus anseios e minhas vitórias. Também agradeço toda a parceria dos meus amigos Lucas, Jucilene e Jaddy, com quem, junto ao Marcos e ao Chico, pude compartilhar muitos momentos de alegria, muitas risadas e muitas superações durante a graduação. Saibam que a jornada se torna mais leve quando temos amigos para contar!

A todos os professores do curso, em especial ao meu orientador Prof. Heldio Carneiro, pelo suporte e orientação durante a pesquisa, ao Prof. Rambo e ao Prof. Adenilson por serem exemplos inspiradores. Vocês podem até não saber, mas tenho um carinho especial e muita admiração por todos vocês. E ao restante do corpo docente, agradeço por todos os ensinamentos passados durante a graduação.

Por fim, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero obrigado.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos seu conhecimento”.

(Albert Einstein)

RESUMO

É comum se deparar com estruturas de concreto inacabadas, resultantes do abandono ou paralisação de suas obras. Essas estruturas podem sofrer com diversas manifestações patológicas que afetam seu desempenho e durabilidade. As manifestações patológicas são problemas que se manifestam na estrutura resultantes de falhas durante o processo de concepção, construção ou uso. Ao se tratar de obras paralisadas, a estrutura, que geralmente apresenta-se com concreto aparente, além de poder carregar falhas relacionadas ao processo construção, ainda sofrem com as ações de intempéries que podem potencializar outros diversos problemas. Diante desse cenário, este estudo se propõe a analisar uma obra paralisada na cidade de Macapá, identificando suas patologias, discutindo as possíveis causas e propondo soluções abrangentes para o tratamento das manifestações patológicas. A metodologia adotada consiste em pesquisa descritiva, envolvendo revisão bibliográfica que fornece o embasamento teórico da pesquisa e levantamento de campo que permite a identificação e documentação das patologias presentes na obra paralisada. O método de diagnóstico proposto por Lichtenstein (1986), que se resume às etapas de levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição da conduta, é aplicado para determinar as causas das patologias e propor soluções adequadas. Os dados obtidos no levantamento de campo são analisados sob duas perspectivas, por meio da análise quantitativa e da análise qualitativa. Pela análise quantitativa, se busca apresentar uma visão geral do estado da obra, mostrando a incidência das principais manifestações em cada elemento estrutural. Na análise qualitativa, se discute as possíveis causas para o surgimento de cada manifestação patológica identificada, propondo uma sugestão de tratamento. Notavelmente, observou-se que a incidência de bolores é praticamente generalizada em toda a estrutura, enquanto fenômenos como fissuras, corrosão da armadura e disgregação também têm alta ocorrência, seguido de eflorescência, umidade, segregação e desagregação que estão presente em uma parcela significativa dos elementos estruturais. Assim, os resultados obtidos corroboram com a hipótese inicial do trabalho, sugerindo que as manifestações patológicas são resultado da exposição da estrutura às intempéries ou de falhas no processo construtivo.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Obras inacabadas. Método de Lichtenstein.

ABSTRACT

It is common to come across unfinished concrete structures, resulting from abandonment or interruption of construction projects. These structures may suffer from various pathological manifestations that affect their performance and durability. Pathological manifestations are problems that manifest in the structure resulting from failures during the conception, construction, or use process. When dealing with stalled construction projects, the structure, which usually presents itself with exposed concrete, may not only carry flaws related to the construction process but also suffer from the actions of weather conditions that can exacerbate various other problems. In this scenario, this study aims to analyze a stalled construction project in the city of Macapá, identifying its pathologies, discussing possible causes, and proposing comprehensive solutions for the treatment of pathological manifestations. The methodology adopted consists of descriptive research, involving a literature review that provides the theoretical basis for the research and field survey that allows the identification and documentation of pathologies present in the stalled construction project. The diagnostic method proposed by Lichtenstein (1986), which consists of the stages of gathering information, diagnosing the situation, and defining the conduct, is applied to determine the causes of pathologies and propose suitable solutions. The data obtained in the field survey are analyzed from two perspectives, through quantitative analysis and qualitative analysis. Through quantitative analysis, an attempt is made to provide an overview of the state of the construction project, showing the incidence of the main manifestations in each structural element. In qualitative analysis, the possible causes for the emergence of each identified pathological manifestation are discussed, proposing a treatment suggestion. Remarkably, it was observed that the incidence of mold is practically generalized throughout the structure, while phenomena such as cracks, reinforcement corrosion, and disintegration also have a high occurrence, followed by efflorescence, humidity, segregation, and disintegration present in a significant portion of structural elements. Thus, the results obtained corroborate the initial hypothesis of the work, suggesting that pathological manifestations are the result of the structure's exposure to weather conditions or construction process failures.

Keywords: Pathological manifestations. Unfinished construction projects. Lichtenstein's method.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma das fases de uma obra pública	20
Figura 2: Atuação do TCU na fiscalização de obras paralisadas	21
Figura 3: Mapa de calor dos percentuais de obras paralisadas em cada estado	22
Figura 4: Origem das manifestações patológicas na Região Amazônica.....	24
Figura 5: Causas intrínsecas	26
Figura 6: Causas extrínsecas	27
Figura 7: Incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto aparente	28
Figura 8: Principais manifestações patológicas em obras na Amazônia.....	28
Figura 9: Incidência dos tipos de fissuras em concreto armado.....	30
Figura 10: Corrosão de armadura e deslocamento da base de um pilar	31
Figura 11: Célula de corrosão do concreto armado.....	32
Figura 12: Deslocamento da viga devido a corrosão das armaduras longitudinais.....	34
Figura 13: Segregação em pé de pilar	35
Figura 14: Processo de desagregação em estruturas de concreto armado.....	36
Figura 15: Desagregação do concreto por consequência da movimentação das formas	37
Figura 16: Eflorescência em parede de concreto	37
Figura 17: Bolor em marquise.....	40
Figura 18: Viga com manchas características da presença de bolores.....	40
Figura 19: Mapa do Estado do Amapá.....	43
Figura 20: Variação média da temperatura em Macapá-AP de 1990 a 2020.....	44
Figura 21: Localização da edificação.....	45
Figura 22: Fachada da edificação	45
Figura 23: Fluxograma do levantamento de campo	47
Figura 24: Croqui do 1º pavimento	48
Figura 25: Pilar P24 e laje L8 com as formas	51
Figura 26: Pilha de entulhos presentes na obra	52
Figura 27: Classificação das manifestações patológicas conforme a porcentagem total de incidências	53
Figura 28: Classificação das incidências patológicas encontradas nos pilares	54
Figura 29: Classificação das incidências patológicas encontradas nas vigas.....	55
Figura 30: Classificação das incidências patológicas encontradas nas lajes.....	56
Figura 31: Viga V14 exposta às intempéries	58

Figura 32: Pilar P18 com porosidade elevada e infestação de cupins.....	59
Figura 33: Proliferação de cupins no topo do pilar P18.....	59
Figura 34: Viga V13 com corrosão severa dos estribos.....	61
Figura 35: Concentração de armaduras nas nervuras na laje L14.....	61
Figura 36: Viga V39 com espaçamento dos estribos não uniforme.....	62
Figura 37: Viga V52 com superfície porosa e que apresenta corrosão dos estribos.....	62
Figura 38: Fissura da ordem de 2,5mm no pilar P22	63
Figura 39: Umidade aparente na viga V8	63
Figura 40: Umidade presente na viga V24 acompanhada de corrosão das armaduras longitudinais e transversais.....	64
Figura 41: P3 e P24 apresentando armaduras de espera em processo de corrosão.....	64
Figura 42: Etapas básicas do reparo de pilares com armadura corroída	65
Figura 43: Pilar P21 com desagregação em juntas de concretagem resultante de movimentação de formas	66
Figura 44: Segregação e desagregação em junta de concretagem no pilar P16.....	67
Figura 45: Processo de desagregação da laje L9 causado pela segregação do concreto.....	67
Figura 46: Desagregação da base do pilar P15 enfraquecido pela segregação	68
Figura 47: Desagregação e rompimento de parte da laje L13 devido a proliferação de bolor e vegetação.	69
Figura 48: Ataque de cupim na viga V20	69
Figura 49: Desagregação do concreto na L5 provocada pela percolação de umidade.....	70
Figura 50: Viga V43 em processo inicial de deslocamento	71
Figura 51: Pilar P14 apresentando disgregação nas duas faces	72
Figura 52: Laje L7 com deslocamento do concreto	72
Figura 53: Pilares P1 e P19 apresentam lascamento das suas extremidades	73
Figura 54: Laje L2 com manchas de eflorescência.....	74
Figura 55: Viga V8 com a superfície úmida e com manchas de eflorescência.....	75
Figura 56: Viga V35 com manchas de eflorescência.....	75
Figura 57: Fissuras no topo do pilar P35	77
Figura 58: Juntas de concretagem resultante de movimentação de formas na altura média do pilar P10.....	77
Figura 59: Viga V7 com fissuras longitudinais típicas da expansão das armaduras provocado por corrosão	78

Figura 60: Fissuras ramificadas na viga V30 típicas do processo de desagregação do concreto	78
Figura 61: Viga V43 em desaprumo	79
Figura 62: Verificação do tipo de fissura	79
Figura 63: Preparação da fissura para o procedimento de injeção	80
Figura 64: Acúmulo de agregados graúdos na nervura da laje L7	81
Figura 65: Segregação provocada pela concentração de armaduras longitudinais nas vigas V48 e V29	82
Figura 66: Segregação do concreto parte inferior da viga V46	82
Figura 67: Segregação do concreto no meio do pilar P16	83
Figura 68: Vazios de concretagem provocados pela movimentação de formas da viga V31 ..	83
Figura 69: Vazios de concretagem provocados pela movimentação de formas da viga V45 ..	84
Figura 70: Remoção do concreto segregado	84
Figura 71: Laje L9 com manchas que indicam umidade	85
Figura 72: Infiltração de água pelas juntas de dilatação da viga V9 e pilar P10	86
Figura 73: Manchas de umidade ascendente na base do pilar P11	87
Figura 74: Manchas de umidade e proliferação de vegetação na base do pilar P15	87

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Sais mais comuns em eflorescência.....	38
Quadro 2: Modelo utilizado para registrar as manifestações patológicas encontradas.....	49
Quadro 3: Códigos adotados para as identificar as manifestações patológicas.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Situação das obras que foram analisadas no Fiscobras 2023	21
Tabela 2: Classificação das fissuras	29
Tabela 3: Limites de fissuras conforme a NBR 6118:2023	31
Tabela 4: Classes de agressividade ambiental.....	33
Tabela 5: Cobrimento nominal conforme a classe de agressividade ambiental.....	33
Tabela 6: Número de elementos que apresentam manifestações patológicas e porcentagem de incidências	53
Tabela 7: Identificação dos elementos com bolor	57
Tabela 8: Identificação dos elementos com corrosão da armadura.....	60
Tabela 9: Identificação dos elementos com desagregação do concreto	66
Tabela 10: Identificação dos elementos com disgregação do concreto.....	70
Tabela 11: Identificação dos elementos com eflorescência	74
Tabela 12: Identificação dos elementos com fissuras	76
Tabela 13: Identificação dos elementos com segregação.....	80
Tabela 14: Identificação dos elementos com umidade.....	85

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAA – Classe de Agressividade Ambiental
CEF – Caixa Econômica Federal
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Fiscobras – Fiscalização de Obras Públicas
Funasa – Fundação Nacional de Saúde
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
MEC – Ministério da Educação
TCU – Tribunal de Contas da União
UNIFAP – Universidade Federal do Amapá
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1.	Objetivo Geral.....	18
1.1.2.	Objetivos Específicos	18
1.2	JUSTIFICATIVA	18
1.3	PROBLEMA.....	19
1.4	HIPÓTESE	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	O PANORAMA DE OBRAS PÚBLICAS PARALISADAS	20
2.2	PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS.....	23
2.2.1.	Origem	24
2.2.2.	Causas	25
2.2.3.	Sintomas.....	27
2.3	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	28
2.3.1.	Fissuras	28
2.3.2.	Corrosão da Armadura	31
2.3.3.	Disgregação do concreto.....	33
2.3.4.	Segregação do Concreto	34
2.3.5.	Desagregação do concreto	35
2.3.6.	Eflorescência	37
2.3.7.	Bolor e fungos.....	39
3	METODOLOGIA.....	42
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	42
3.2	AMBIENTE DA PESQUISA.....	43
3.2.1.	Macapá-AP	43
3.2.2.	Edificação	44

3.3	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE LICHTENSTEIN	46
3.3.1.	Levantamento de Subsídio	47
3.3.2.	Diagnóstico da Situação	49
3.3.3.	Definição da Conduta	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1	ANÁLISE QUANTITATIVA	52
4.1.1.	Pilares.....	54
4.1.2.	Vigas.....	55
4.1.3.	Lajes	56
4.2	ANÁLISE QUALITATIVA.....	57
4.2.1.	Bolor.....	57
4.2.2.	Corrosão da armadura.....	60
4.2.3.	Desagregação	66
4.2.4.	Disgregação	70
4.2.5.	Eflorescência	74
4.2.6.	Fissuras	76
4.2.7.	Segregação	80
4.2.8.	Umidade.....	85
5	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
	ANEXO A.....	94
	ANEXO B.....	95
	ANEXO C.....	96

1 INTRODUÇÃO

O concreto é um dos principais materiais utilizados na construção civil, representando um marco crucial na história do desenvolvimento humano e na melhoria da qualidade de vida. Sua descoberta no final do século XIX e subsequente uso massivo ao longo do século XX o colocaram como o segundo material mais consumido pelo homem, perdendo apenas para a água. Esse material revolucionou a arte de projetar e construir estruturas, impactando a evolução das civilizações ao longo da história. No Brasil e no mundo, o concreto ocupa o posto de principal componente na construção de infraestruturas e edificações (HELENE; ANDRADE, 2011).

As edificações são essenciais para as atividades humanas, independente das funções que desempenham, seja para uso residencial ou para fins comerciais e industriais. A busca pela construção de estruturas que suprem as necessidades básicas do ser humano o acompanham desde os primórdios da civilização, levando ao desenvolvimento de edificações de infraestrutura, de moradia ou destinada a atividades laborais. À parte da sua finalidade, essas edificações devem ter desempenho satisfatório, que atenda às necessidades e exigências de seus usuários (GONÇALVES, 2015).

No Brasil, até a década de 70, a preocupação com a durabilidade das edificações não era um tema de grande relevância, exceto no contexto da preservação de monumentos históricos. A ideia de manutenções periódicas para preservar a vida útil das estruturas não era muito difundida, predominando a prática de substituir o antigo pelo novo. No entanto, conforme a eclosão da crise econômica mundial de 70, houve uma mudança de paradigma, com uma crescente preocupação em relação à durabilidade e à vida útil das edificações, motivada pela necessidade de minimizar os custos. Apesar disso, mesmo com o aumento da preocupação quanto a durabilidade e desempenho das estruturas, ainda era comum constatar a existência de edificações com desempenho abaixo do esperado (MELO, 2011).

Além disso, a realidade de inúmeras cidades deste país é marcada pela presença de estruturas de concreto armado inacabadas ou abandonadas. Sob a ótica financeira e ambiental, reutilizar uma estrutura de concreto armado paralisada se faz uma opção mais vantajosa pois garante a redução de custos e de geração de resíduos sólidos. No entanto, nos casos em que as atividades de construção são retomadas, é comum surgir dúvidas sobre as condições de resistência, durabilidade, e condições físicas da estrutura, gerando incertezas sobre como proceder para finalizar o projeto de forma adequada. A situação se complica diante das

agressões ambientais que o concreto pode sofrer e de possíveis falhas construtivas, que podem comprometer significativamente o desempenho da estrutura (TOMAZELI, 2017).

O termo Patologia das Estruturas refere-se ao campo da Engenharia das Construções dedicado ao estudo das origens, manifestações, consequências e mecanismos de falhas e degradação das estruturas. Historicamente, o aprendizado da engenharia concentrava-se, na esfera de projeto e execução, em estruturas a serem construídas. Entretanto, a crescente necessidade de reabilitar e manter estruturas existentes, seja por motivos econômicos, sociais, patrimoniais ou históricos, estimulou o surgimento de uma nova abordagem. Nessa abordagem, a avaliação da capacidade de desempenho futuro das estruturas existentes, em termos de segurança, funcionalidade e vida útil, tornou-se um aspecto fundamental (SOUZA; RIPPER, 1998).

LICHTENSTEIN (1986) propõe um método para o diagnóstico de patologias, composto basicamente por três partes: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição da conduta. No primeiro passo, busca-se coletar informações por meio de vistorias no local, investigação do histórico da construção, do edifício e análise de ensaios complementares. O segundo passo consiste na interpretação dos dados coletados na primeira etapa, de forma a entender os fenômenos que ocorrem na construção analisada. Por fim, a etapa final corresponde à determinação das alternativas de intervenção, do procedimento a ser adotado para a solução do problema e definição de materiais, mão de obra e equipamentos a serem utilizados, conforme o prognóstico.

Diante do mencionado, este trabalho baseia-se em conceitos fundamentais do estudo de patologias em estruturas de concreto, explorando concepções relacionadas à análise e identificação de patologias, compreendendo os mecanismos que influenciam a qualidade e a durabilidade das estruturas. Serão abordadas as manifestações patológicas mais comumente encontradas em estruturas de concreto armado, as principais causas de problemas patológicos e propostas de alternativas para a recuperação da estrutura.

Além disso, esses conceitos levantados serão aplicados na análise da estrutura que será estudada neste trabalho. Dessa forma, ao integrar os fundamentos teóricos a um estudo prático, busca-se uma compreensão abrangente das patologias que podem aparecer em obras paralisadas, utilizando as abordagens teórica para sustentar a análise e as propostas de soluções do estudo de caso, servindo como uma base sólida para a compreensão das questões fundamentais abordadas neste estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal analisar a estrutura de uma obra paralisada na cidade de Macapá e assim identificar e catalogar as principais manifestações patológicas que afetam a estrutura, de forma a identificar as causas, impactos e propor soluções e tratamentos para lidar com as patologias.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar revisão bibliográfica por meio de livros, artigos, e normas brasileiras relevantes ao tema em questão, a fim de montar um arcabouço de conhecimento para balizar o estudo;
- Fazer visitas in loco na edificação para identificar e documentar as patologias presentes na edificação, por meio de inspeção visual e registro fotográfico;
- Analisar as possíveis causas das patologias identificadas, levando em consideração fatores como projeto, execução, materiais utilizados e histórico da obra;
- Propor alternativas para o tratamento da estrutura, podendo incluir medidas de reparo, reforço ou outros métodos de construção alternativos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Uma obra paralisada afeta o desenvolvimento de uma cidade, e, ao se tratar de obras públicas, sua paralisação representa um atraso para a sociedade, principalmente ao considerar que o empreendimento, por não ter sido concluído, impede que a população desfrute dos serviços que poderiam ser ofertados.

Além disso, a paralisação traz consigo diversos problemas em geral, podendo citar o aumento de custo e prazo para a sua finalização e, em casos mais graves em que a obra não é retomada, o completo desperdício de dinheiro público. Além disso, essas construções abandonadas comumente tornam-se pontos de criminalidade e vulnerabilidade social, podendo ser ocupadas por moradores de rua, usuários de drogas e, também, servir de esconderijo para criminosos.

É comum encontrar obras abandonadas ou paralisadas na cidade de Macapá, dentre elas, muitas que utilizam de recursos públicos em seu custeio. Dessa forma, o estudo surge como uma ferramenta de análise e discussões a respeito desse tema, sendo uma alternativa para preencher uma notável lacuna na literatura referente a trabalhos que abordam a temática.

1.3 PROBLEMA

A cidade de Macapá tem testemunhado o aumento da quantidade de obras de construção civil ao longo dos anos, muitas das quais, infelizmente, permanecem paralisadas por motivos diversos. A paralisação de uma obra representa um desafio significativo, não apenas no que diz respeito ao uso eficiente de recursos financeiros, mas também em termos de segurança estrutural e impacto na comunidade local.

Este estudo se concentra na análise das patologias que afetam uma obra paralisada situada na cidade de Macapá e tem como objetivo principal responder ao seguinte questionamento: Quais são as principais manifestações patológicas que afetam uma obra paralisada na cidade de Macapá, quais são suas causas, e como podem ser tratadas ou solucionadas de maneira eficaz?

Esta questão central direciona a investigação para compreender as patologias que afetam a estrutura em questão, identificar as causas e propor soluções viáveis que levem em conta a segurança das estruturas, as principais técnicas utilizadas para reparo de estruturas com patologias, a viabilidade técnica da retomada da obra e os custos envolvidos. O estudo visa contribuir para a compreensão das implicações das patologias em obras paralisadas e oferecer orientações práticas para a tomada de decisões informadas por parte dos envolvidos na construção e nas autoridades locais.

1.4 HIPÓTESE

A principal hipótese deste estudo é de que as patologias identificadas na obra paralisada na cidade de Macapá, em grande parte, decorrem de dois principais fatores: a exposição prolongada da estrutura às intempéries e falhas na etapa de execução da obra.

A exposição da estrutura ao clima local, sujeito a grandes volumes de chuvas durante o inverno, ventos, variações de temperatura e umidade, pode ter causado a deterioração do concreto, a corrosão das armaduras e o desgaste da estrutura, contribuindo para a formação de rachaduras, corrosão e outras patologias relacionadas a umidade.

Além disso, a falta de qualidade na execução, que é um problema comumente encontrado em obras no geral, incluindo falhas na mistura, no lançamento do concreto ou outros erros de execução, pode ter gerado erros significativos que levaram ao aparecimento de problemas patológicos relacionados.

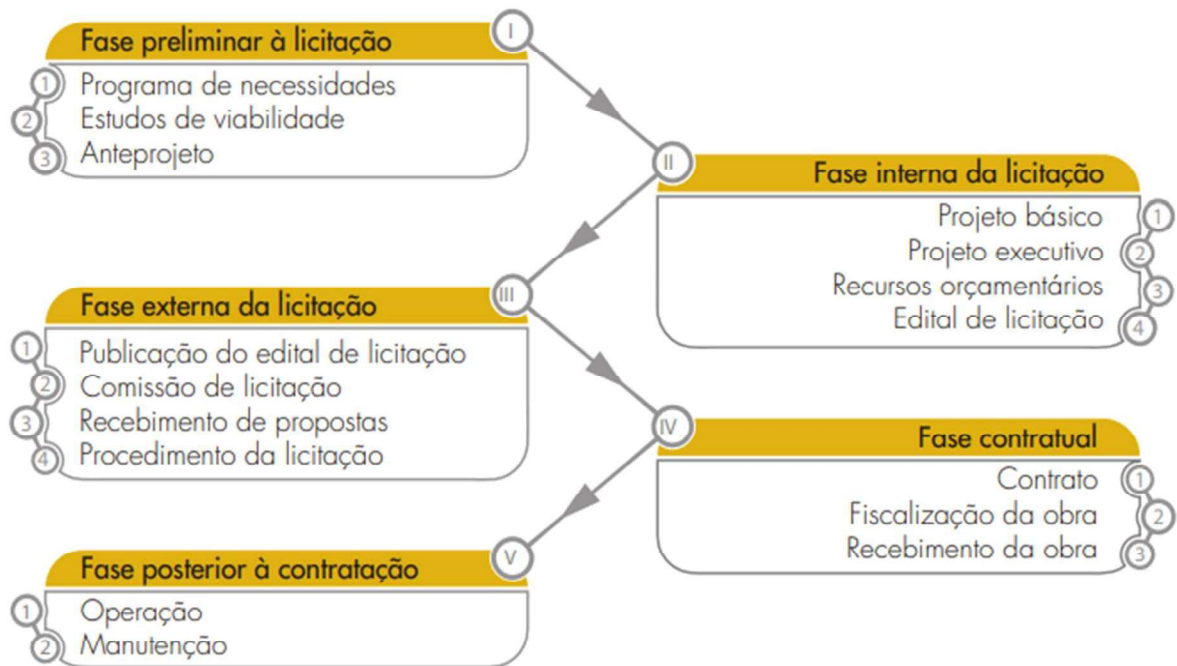
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O PANORAMA DE OBRAS PÚBLICAS PARALISADAS

Conforme o Tribunal de Contas da União (TCU, 2014), uma obra pública pode ser definida como a “construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de um bem público”, que pode ser executada diretamente, por órgão ou entidade da Administração, ou indiretamente, pela contratação com terceiros através de processo licitatório.

Para que ocorra a execução adequada de uma obra, é preciso seguir diversas etapas, que estão ilustradas na figura 1. O correto cumprimento dessas etapas pelo gestor garante uma diminuição dos riscos de prejuízos para a Administração, pois permite reunir diversas informações que serão úteis para a realização da obra (TCU, 2014).

Figura 1: Fluxograma das fases de uma obra pública



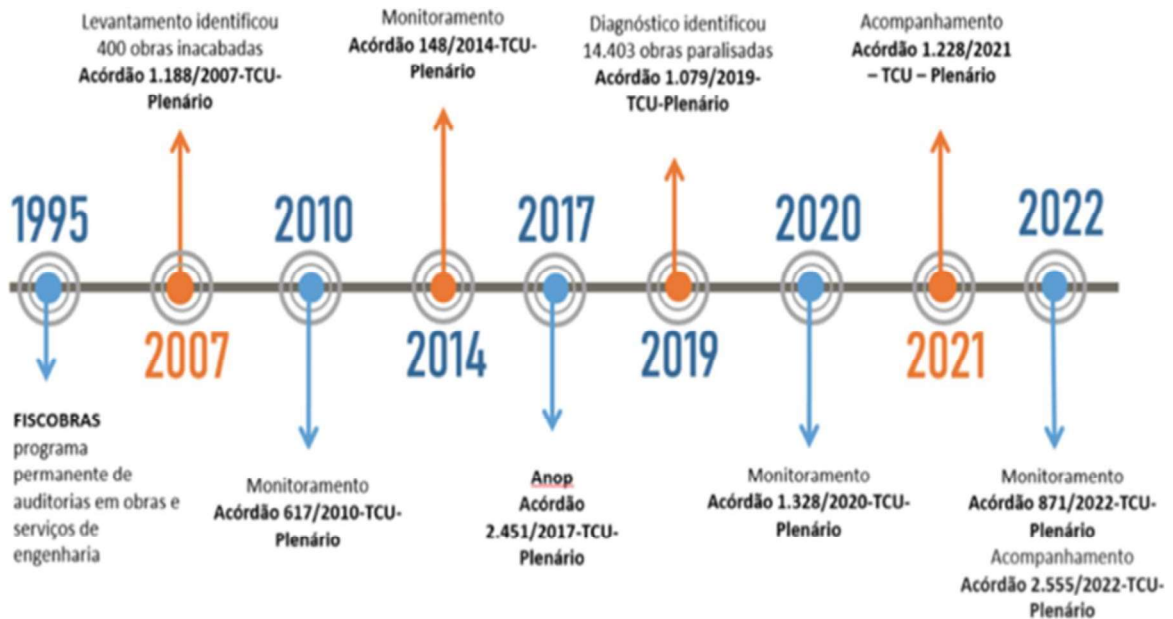
Fonte: TCU (2014)

NOGUEIRA (2008) afirma que os problemas em obras públicas brasileiras são diversos e de origens variadas. Esses problemas podem ser derivados de fraudes no processo licitatório, do uso de materiais de qualidade baixa, de técnicas construtivas inadequadas, do superfaturamento de preço ou até pelo pagamento por serviços não prestados e materiais não empregados.

O Tribunal de Contas da União, por meio do Plano Anual de Fiscalização de Obras Públicas (Fiscobras), tem papel fundamental na fiscalização de obras públicas no país, com foco em obras que são financiadas com recursos federais. Esse programa surgiu como produto

de discussões promovidas pela Comissão de Obras Inacabadas, criada em 1995, que em seu relatório final recomendou a instauração de um programa permanente de acompanhamento de obras custeadas com subsídio do Governo Federal (TCU, 2023). A figura 2 apresenta um resumo da atuação do TCU na fiscalização de obras.

Figura 2: Atuação do TCU na fiscalização de obras paralisadas



Fonte: TCU (2023)

O último relatório do Fiscobras (TCU, 2023) apresentou o diagnóstico de aproximadamente 21 mil obras de diversas tipologias (creches, escolas, prédios administrativos, estradas) e que utilizam recursos da União. Para isso, analisou-se informações que estavam disponíveis nos bancos de dados da Caixa Econômica Federal (CEF), do Ministério da Educação (MEC), da Fundação Nacional de Saúde (Funasa), e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Os resultados obtidos com a fiscalização encontram-se na tabela abaixo.

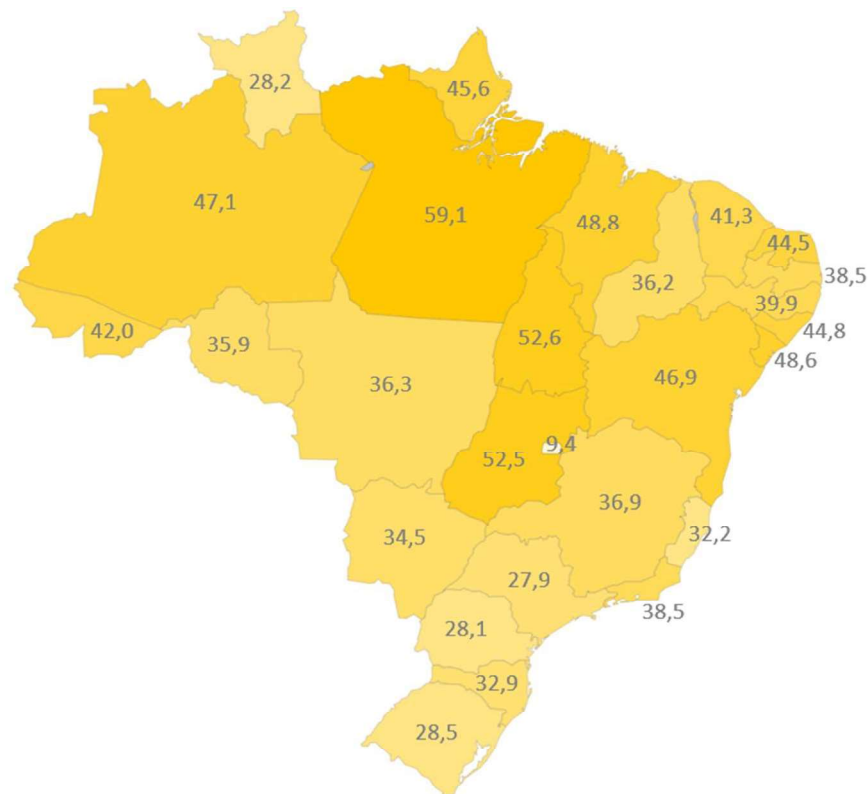
Tabela 1: Situação das obras que foram analisadas no Fiscobras 2023

Situação	Quantidade	% relativo	Investimento (R\$)	% relativo
Em execução	12.402	59,0	81.418.863.121,91	71,6
Paralisada/ inacabada	8.603	41,0	32.234.031.408,68	28,4
TOTAL	21.005	100,0	113.652.894.530,59	100,0

Fonte: adaptado de TCU (2023)

O levantamento constatou que das 21.005 obras analisadas, cerca de 8,6 mil encontram-se paralisadas ou inacabadas, o que equivale a uma porcentagem de 41% em relação ao total e um orçamento inicialmente previsto em mais de R\$ 32 bilhões e com mais de 8 bilhões de reais já empregados em empreendimentos paralisados. Além disso, conforme a figura 3, a auditoria constatou que no estado do Amapá, mais de 45% das obras que utilizam recursos federais encontram-se paralisadas (TCU, 2023).

Figura 3: Mapa de calor dos percentuais de obras paralisadas em cada estado



Fonte: adaptado de TCU (2023)

Os impactos econômicos de uma obra paralisada não levam apenas em conta seus custos absolutos ligados à execução de um projeto. Segundo FRISCHTAK (2018), é importante analisar também os efeitos agregados das paralisações. Primeiramente, existem os efeitos de demanda agregada, que são resultantes da suspensão dos gastos, que fazem com que esse recurso pare de circular na economia. Esse efeito surge em curto e médio prazo e reflete um impacto imediato que afeta, de forma direta e indireta, os trabalhadores, a empresa contratada, os fornecedores e toda a cadeia produtiva relacionada ao empreendimento. O segundo impacto está ligado à oferta agregada, que se relaciona aos serviços que seriam oferecidos para a sociedade de forma contínua e duradoura, caso os empreendimentos fossem concluídos. Esse impacto surge a longo prazo e, possivelmente, apresenta o maior custo das paralisações, pois

quanto maior o tempo que uma obra permanecer paralisada, maiores são os custos diretos e indiretos, sem que esse investimento ofereça qualquer benefício para a sociedade.

2.2 PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS

A palavra Patologia tem origem grega, em que “pathos” significa doença e “logos”, estudo. Esse termo é comumente aplicado em diversas ciências, porém o objeto de estudo varia conforme a área. Na área da saúde, o termo é utilizado para denominar o estudo de alterações de células, órgãos ou tecidos, provocados por doenças. Essas doenças têm causas que agem por diversos mecanismos que produzem essas alterações no organismo que, por consequência, produzem sintomas (FRANÇA *et al.*, 2011).

Na Engenharia, a terminologia é adotada pela similaridade entre os objetos de estudo, tornando possível traçar um paralelo entre o comportamento do corpo humano e de um edifício. Por exemplo, pode-se considerar que os ossos são os elementos estruturais, a musculatura são as alvenarias, o sistema circulatório são as instalações elétricas, de esgoto e água e o sistema respiratório pode ser o sistema de ventilação (FRANÇA *et al.*, 2011). Assim, a Patologia é definida como a área da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origem dos problemas construtivos (HELENE, 1992).

As estruturas executadas em concreto armado têm a tendência de se manter durável durante vários anos, isso se forem projetadas e construídas de maneira adequada, dentro de padrões de qualidade, cumprindo normas técnicas e seguindo boas práticas construtivas. No entanto, se houver falhas em uma ou mais fases do processo construtivo, ou seja, se ocorrer falhas durante o projeto, execução ou manutenção da estrutura, ela sofrerá com “doenças”, às quais dá-se o nome de manifestações patológicas (TOMAZELI, 2017).

SOUZA e RIPPER (1998) afirmam que um conjunto de fatores podem causar a deterioração estrutural, podendo surgir naturalmente conforme o envelhecimento da estrutura, por causa de acidentes ou derivado de condutas errôneas de profissionais da área, levando a erros involuntários ou imperícia. Conforme GRANATO (2002), há outros fatores que podem contribuir para a deterioração de uma estrutura, podendo citar as variações de temperatura, reações químicas, vibrações e a corrosão das armaduras do concreto armado.

Os problemas patológicos se manifestam através de sintomas externos característicos, que podem ajudar a determinar os mecanismos, causas e origens dos problemas. Por meio de vistorias regulares e ensaios, é possível chegar a um diagnóstico preciso e encontrar soluções para a recuperação e prolongamento da vida útil das estruturas afetadas (MELO, 2011).

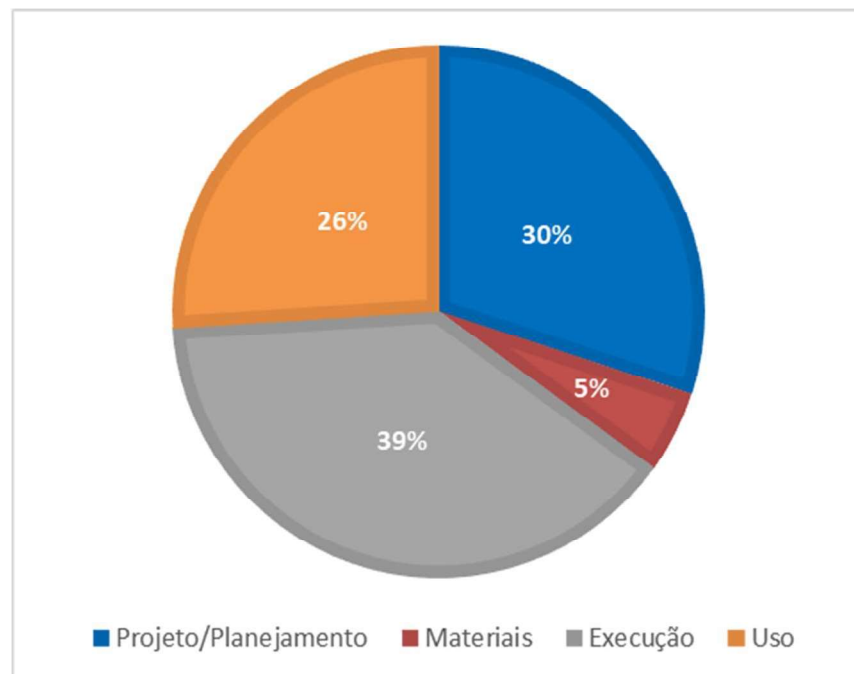
2.2.1. Origem

Com exceção de situações que envolvem catástrofes naturais, onde a imprevisibilidade e a intensidade das forças são os principais fatores, os problemas patológicos geralmente surgem de falhas durante as etapas do processo construtivo, que em suma podem ser divididos em: concepção, execução ou utilização. Assim, o surgimento de problemas patológicos indica falhas que ocorreram durante esses processos ou por consequência de falhas no controle de qualidade próprio ou de atividades (SOUZA E RIPPER, 1998).

Os problemas patológicos começam a se manifestar a partir da etapa de execução propriamente dita ou durante a etapa de uso. No entanto, alguns problemas demoram anos para aparecer, como é o caso de reações álcali-agregados, por exemplo (HELENE, 1992).

Um estudo realizado na Amazônia na década de 90 fez o levantamento de mais de 300 obras com casos patológicos em estruturas de concreto armado. O objetivo foi de identificar as principais causas e origens dos fenômenos, bem como verificar os principais tipos de reparos e reforços aplicados na obra. Nos resultados, apresentados na figura 4, constatou-se que em quase 70% dos casos, os problemas patológicos têm origem nas etapas de projeto e execução (ARANHA, 1994).

Figura 4: Origem das manifestações patológicas na Região Amazônica



Fonte: adaptado de ARANHA (1994)

É de suma importância que o diagnóstico identifique corretamente a origem das falhas, pois, apesar da semelhança entre fenômenos ou sintomas relacionados a uma manifestação patológica, cada origem do problema requer uma terapia mais adequada. Além disso, a correta

identificação da origem do problema auxilia também na identificação do responsável pela falha. Dessa forma, se o problema é originado durante o projeto, o projetista é o responsável; se o problema ocorreu na etapa de execução, houve falha da mão de obra ou da fiscalização; se o problema se originou durante o uso, a falha foi durante a operação ou manutenção (HELENE, 1992).

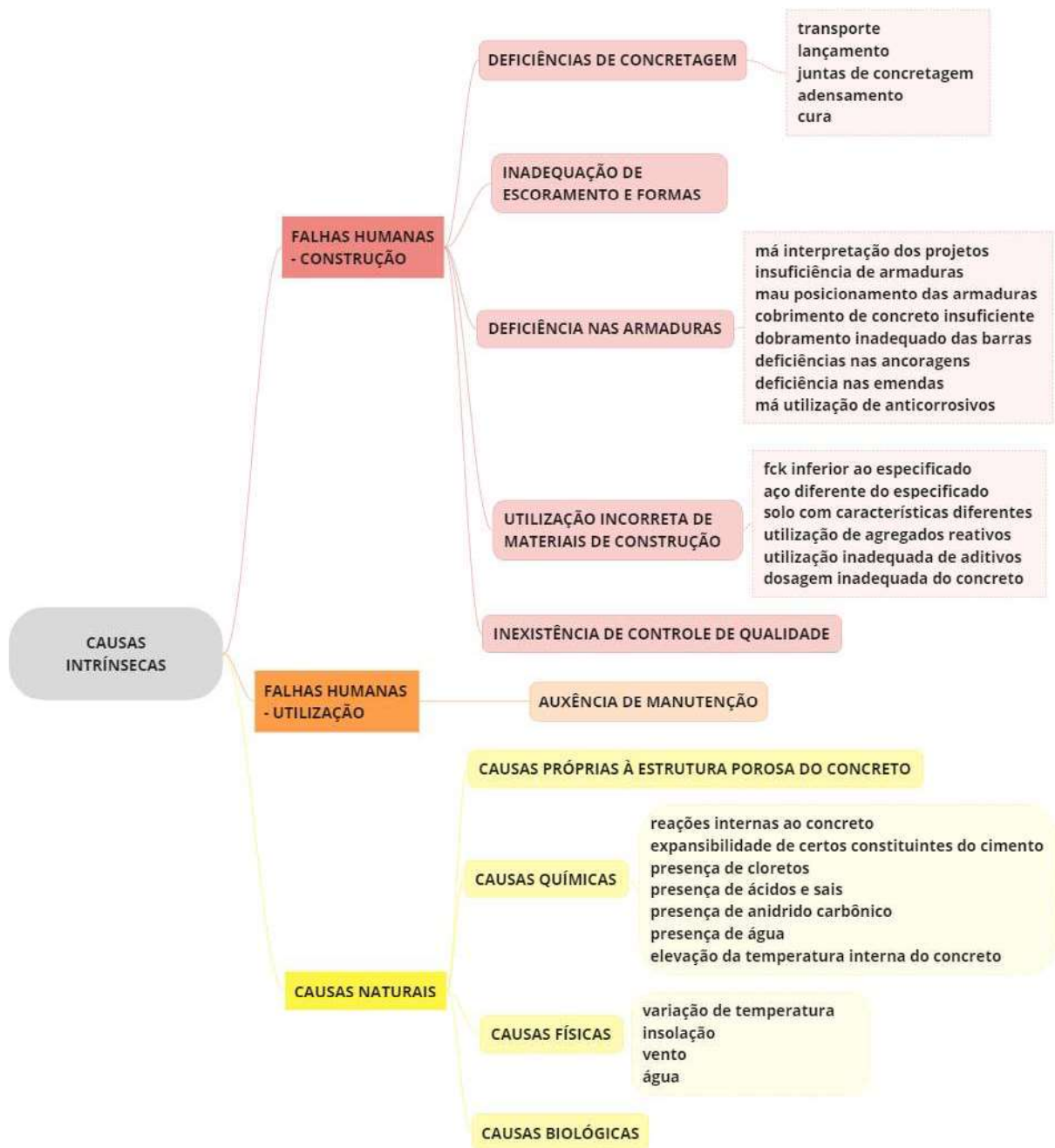
2.2.2. Causas

Entender a causa é extremamente necessário quando se analisa uma estrutura de concreto com problemas patológicos, pois é crucial compreender por que a deterioração ocorreu e como ela progrediu, para assim determinar e aplicar o tratamento mais adequado. Além disso, compreender as causas não ajuda somente a definir os reparos, mas também para garantir que, uma vez restaurada, a estrutura não volte a apresentar problemas (SOUZA E RIPPER, 1998).

HELENE (1992) aponta que são diversos os agentes responsáveis por causar fenômenos patológicos, dentre eles: sobrecargas, variações de umidade ou temperatura, ataque por agentes biológicos ou até mesmo a incompatibilidade dos materiais. SOUZA E RIPPER (1998) explicam que a identificação das causas dos mecanismos de deterioração é uma tarefa complexa e em constante desenvolvimento. Conforme os autores, as causas das manifestações podem ser agrupadas em dois grandes grupos: causas intrínsecas e causas extrínsecas.

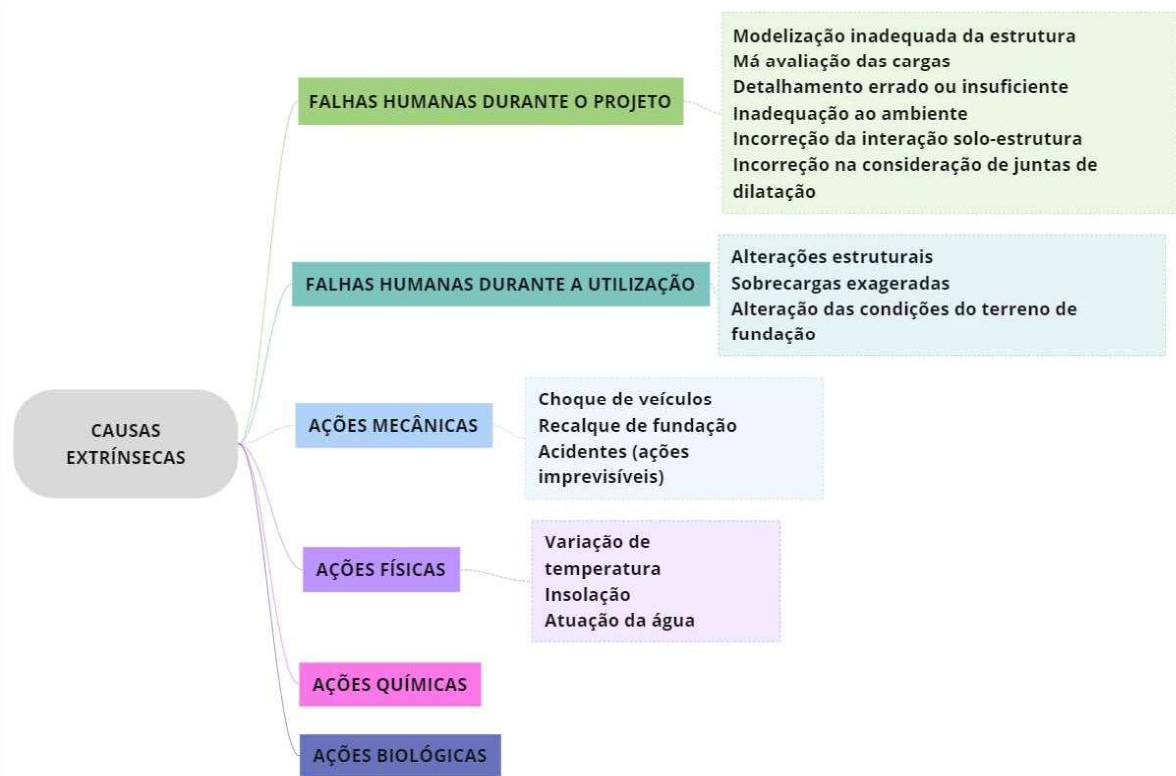
As causas intrínsecas são aquelas que estão ligadas diretamente às próprias estruturas. São causas que se originam nos materiais e nas peças estruturais durante as fases de execução ou utilização das estruturas, por conta de falhas humanas, características específicas do material concreto ou até mesmo por ações externas, incluindo acidentes (SOUZA E RIPPER, 1998). A figura 5, adaptada de SOUZA e RIPPER (1998), apresentam as principais causas intrínsecas.

Figura 5: Causas intrínsecas



Fonte: adaptado de SOUZA e RIPPER (1998)

As causas extrínsecas, por sua vez, não estão relacionadas à estrutura em si, nem por composições internas do concreto ou falhas durante a execução e uso. Essas causas podem ser consideradas como os fatores que afetam a estrutura "de fora para dentro", durante as fases de concepção ou ao longo de sua vida útil (SOUZA; RIPPER, 1998). A figura 6, também adaptada de SOUZA e RIPPER (1998), apresentam as principais causas extrínsecas.

Figura 6: Causas extrínsecas

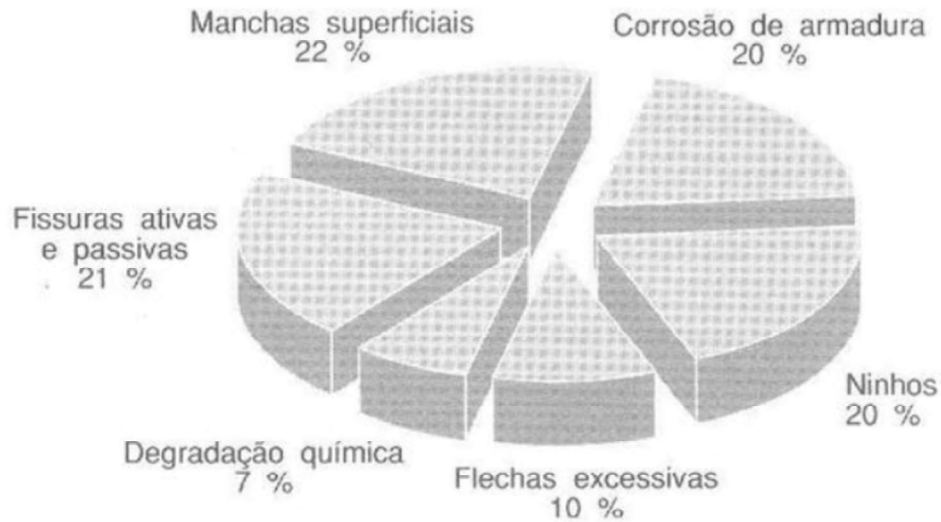
Fonte: adaptado de SOUZA E RIPPER (1998)

2.2.3. Sintomas

Conforme sintetizado por PIANCASTELLI (1999), “os sintomas são as manifestações das enfermidades”. É a partir desses elementos que se dá início a toda investigação dos fenômenos patológicos, de forma a identificar as possíveis causas e origens, essenciais para um diagnóstico preciso.

Segundo HELENE (1992) são raras as exceções em que um problema patológico não se manifesta na construção. A essa manifestação externa dá-se o nome de sintoma, que podem ser descritos ou classificados e, à primeira vista, auxiliam um diagnóstico prévio da situação. Conforme o autor, os sintomas mais comuns em estruturas de concreto são as seguintes: fissuras, eflorescências, flechas excessivas, manchas, corrosão de armaduras e ninhos de concretagem. A incidência de cada sintoma é apresentada na figura 7, a seguir.

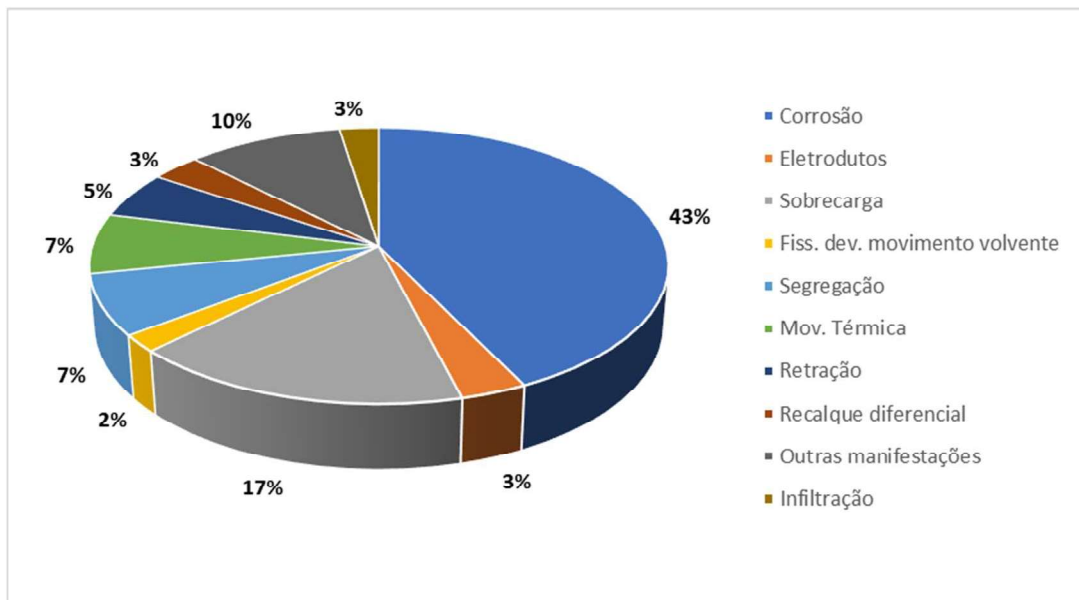
Figura 7: Incidência de manifestações patológicas em estruturas de concreto aparente



Fonte: HELENE (1992)

Na região amazônica, conforme levantamento de ARANHA (1994), as manifestações mais encontradas em obras da região são corrosão de armaduras e problemas de sobrecarga das estruturas, representando 43% e 17% respectivamente. As outras manifestações estão apresentadas na figura 8, representadas no gráfico abaixo.

Figura 8: Principais manifestações patológicas em obras na Amazônia



Fonte: adaptado de ARANHA (1994)

2.3 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.3.1. Fissuras

As fissuras são uma manifestação patológica que surge em decorrência de um acúmulo de tensões na estrutura que, ao ser solicitado, tende a aliviá-las. Então, quando a solicitação é

maior do que a capacidade de resistência do material, ocorre o mecanismo de fissuração, que se agrava conforme grau de restrição de deslocamento e fragilidade do material (CORSINI, 2010).

A NBR 9575:2010 conceitua fissura como:

“abertura ocasionada por deformações ou deslocamentos do substrato, que pode ser classificada em estática ou dinâmica - cíclica, finita ou infinita - e cuja amplitude é variável (a seleção do tipo de impermeabilização deve prever a amplitude de abertura e classificação da fissura)” (NBR 9575:2010, p. 04)

De modo geral, as fissuras são classificadas quanto ao grau de abertura, conforme tabela abaixo. Além disso, elas também podem ser classificadas como ativas, quando são originadas por fatores de magnitude variável que provocam deformações variáveis, e passivas, quando ocorre a estabilização da abertura pela cessação ou estabilização do agente causador (VITÓRIO, 2003).

Tabela 2: Classificação das fissuras

CLASSIFICAÇÃO	ABERTURA
Fissura	até 0,50 mm
Trinca	acima de 0,50 mm a 1,00 mm
Rachadura	acima de 1,00 mm a 5,00 mm
Fenda	acima de 5,00 mm a 10,00 mm
Brecha	acima de 10,00 mm

Fonte: adaptado de IBAPE-MG (2014)

Além disso, as fissuras podem ocorrer no concreto em estado fresco ou endurecido. Conforme DAL MOLIN (1988), as principais causas de fissuras no concreto fresco são provenientes de:

- assentamento plástico;
- dessecação superficial;
- movimentação das fôrmas.

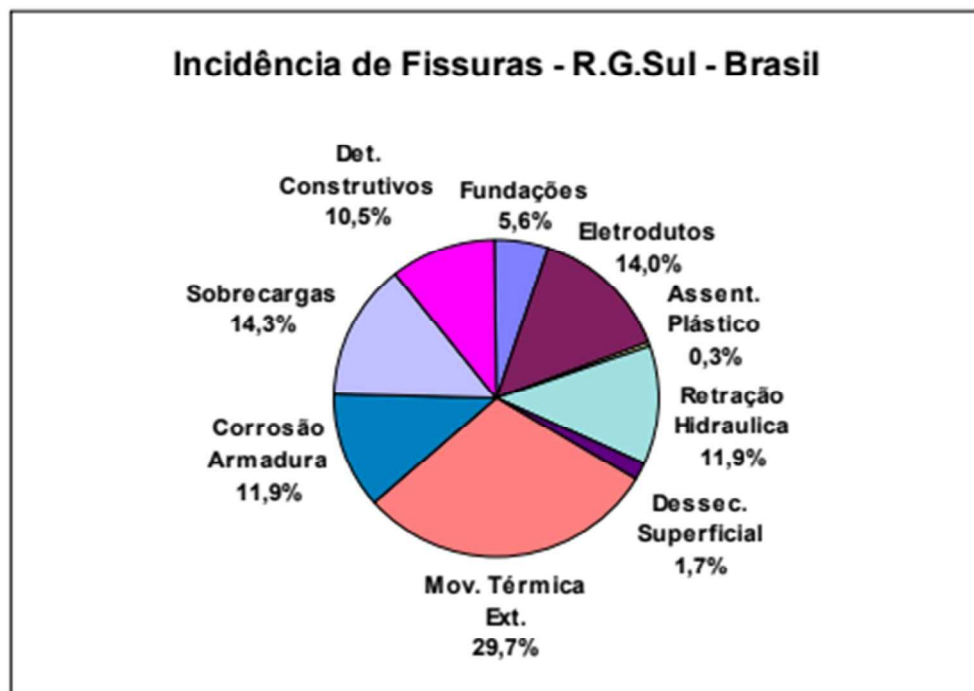
Ainda conforme a autora, as fissuras que se manifestam no estado endurecido do concreto são, de maneira geral, provenientes de fenômenos físicos, térmicos, químicos ou estruturais, dentre eles:

- retração por secagem;
- movimentações térmicas por variação de temperatura;

- corrosão da armadura;
- sobrecargas não previstas;
- detalhes construtivos;
- recalques de fundações.

Conforme o levantamento feito por DAL MOLIN (1988), as principais causas para a incidência de fissuras estão apresentadas na figura abaixo.

Figura 9: Incidência dos tipos de fissuras em concreto armado



Fonte: DAL MOLIN (1988) apud PIANCASTELLI (1999)

A presença de fissuras, em alguns casos, não pode ser evitada por completo. Entretanto, é necessário que haja equilíbrio entre o grau de fissuração aceitável e os fatores de desempenho previamente definidos para a estrutura, como durabilidade, deformabilidade, estanqueidade e estética. Tal fator é preponderante visto que a existência de fissuras pode ser prejudicial à estrutura pois facilita a entrada de agentes nocivos à armadura e ao próprio concreto (DAL MOLIN, 1988).

A NBR 6118 de 2023 define os limites máximos de abertura que são aceitáveis para que não ocorra o comprometimento do desempenho das armaduras e nem prejudique a aceitabilidade sensorial dos usuários. Conforme a norma,

“A abertura máxima característica w_k das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm [...] sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.” (NBR 6118:2023, p. 79)

Os limites aceitáveis para fissuração em estruturas de concreto, conforme normatizado pela NBR 6118:2023, estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3: Limites de fissuras conforme a NBR 6118:2023

Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA)	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto armado	CAA I	$ELS-W_{xk} \leq 0,4 \text{ mm}$	Combinação frequente
	CAA II a CAA III	$ELS-W_{xk} \leq 0,3 \text{ mm}$	
	CAA IV	$ELS-W_{xk} \leq 0,2 \text{ mm}$	

Fonte: ABNT NBR 6118 (2023)

2.3.2. Corrosão da Armadura

Em uma definição mais ampla, a corrosão é um processo destrutivo entre um material e o meio ambiente, resultante de processos físicos, químicos, eletroquímicos ou de uma combinação desses (HELENE, 1993). A corrosão das armaduras presentes no concreto armado ocorre por ação eletroquímica, podendo ser acelerada por agentes nocivos do meio externo, presentes no ambiente, ou interno, incorporados ao próprio concreto. Para que a corrosão aconteça, é necessário a presença de oxigênio, de umidade e o estabelecimento de uma célula de corrosão por consequência da despassivação da armadura (HELENE, 1992). A imagem abaixo mostra a corrosão em um pilar.

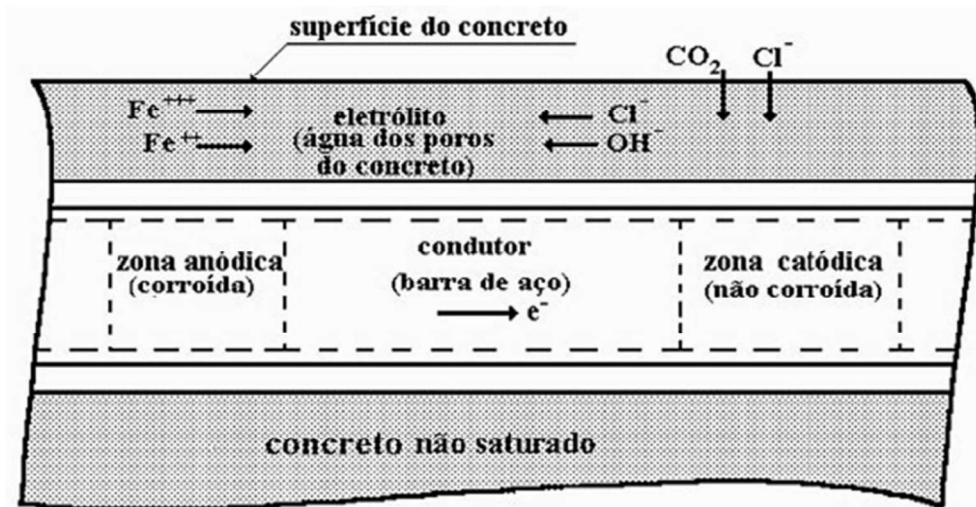
Figura 10: Corrosão de armadura e deslocamento da base de um pilar



Fonte: AECweb (2013)

De acordo com DAL MOLIN (1988), o processo corrosivo acontece conforme as seguintes etapas: na zona anódica, os átomos de metal perdem elétrons formando cátions de ferro (Fe^{++} e Fe^{+++}) que vão para a solução; na zona catódica, o oxigênio (O_2) e a água (H_2O) combinam-se e forma hidroxilas (OH^-); por fim, as hidroxilas deslocam-se em direção à zona anódica, e, na fase intermediária, elas combinam com os íons do metal formando óxidos e hidróxidos de ferro (ferrugem). Esse processo está exemplificado na figura 11.

Figura 11: Célula de corrosão do concreto armado



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

O concreto armado tem a propriedade de proteger as armaduras do processo corrosivo das seguintes maneiras: atuando como isolante, evitando, assim, o contato direto do aço com o ambiente externo; e servindo de proteção química, por conta da alcalinidade dos seus componentes (DAL MOLIN, 1988). Assim, as barras de aço imersas em concreto, apresentam uma película passivante altamente alcalina, resultante das reações de hidratação do concreto, que impede a dissolução do ferro (SOUZA; RIPPER, 1998).

Entretanto, fatores como a porosidade do concreto, a presença de fissuras na estrutura ou a insuficiência de cobrimento podem contribuir para que ocorra a despassivação das armaduras, causando a sua oxidação. O processo de oxidação causa a expansão da armadura, que pode aumentar de volume em aproximadamente 8 vezes, o que provoca tensões internas de tração que levam ao deslocamento do concreto, fazendo com que as armaduras fiquem totalmente expostas, em contato direto com o ambiente (VITÓRIO, 2003).

Conforme Souza e Ripper (1998), o cobrimento de concreto insuficiente ou de má qualidade influencia o surgimento de problemas de corrosão das armaduras, pois a deficiência de cobrimento facilita o acesso de agentes agressivos que podem desencadear processos de deterioração da estrutura e, conseqüentemente, causar a corrosão das armaduras.

A NBR 6118:2023 define o cobrimento mínimo admitido para garantir os critérios para durabilidade das estruturas. Esses limites mínimos são estabelecidos conforme a classificação da classe de agressividade ambiental (CAA) que a estrutura está inserida, conforme as tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submerso	
II	Moderada	Urbano	Pequeno
III	Forte	Marinho	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: ABNT NBR 6118 (2023)

Tabela 5: Cobrimento nominal conforme a classe de agressividade ambiental

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos em contato com o solo	30		40	50

Fonte: ABNT NBR 6118 (2023)

2.3.3. Disgregação do concreto

A disgregação, também conhecida como deslocamento ou esfoliação do concreto, consiste na ruptura e descolamento do concreto superficial devido esforços internos de tração que ultrapassam a resistência do concreto (PIANCASTELLI, 1999). Cabe ressaltar que nesse fenômeno o concreto geralmente não apresenta qualquer tipo de alteração das características

originais de resistência, destacando-se somente por não suportar os esforços excepcionais (VITÓRIO, 2003).

As causas mais comuns do deslocamento do concreto estão relacionadas ao processo de corrosão da armadura, pois os óxidos resultantes da ação de corrosão têm caráter expansivo que geram aumento de tensões, conduzindo ao desprendimento do concreto nas regiões onde se encontram as barras de aço corroídas. Além disso, a disgregação pode ocorrer também por consequência de deformações excessivas causadas por sobrecargas não previstas (GARCIA, 1999). Conforme a figura 12, é possível notar como o processo de disgregação afeta uma estrutura.

Figura 12: Deslocamento da viga devido a corrosão das armaduras longitudinais



Fonte: COPLAS (2021)

2.3.4. Segregação do Concreto

A segregação do concreto é caracterizada pela separação entre argamassa e agregado, podendo acontecer por falhas na etapa de concretagem da estrutura. Dentre as causas, esse fenômeno pode acontecer por um lançamento de concreto a uma altura acima do recomendado, por uma vibração inadequada, pela má dosagem do concreto ou até mesmo pela concentração de armaduras que provocam a retenção do agregado graúdo (PIANCASTELLI, 1999).

GARCIA (1999) afirma que a segregação do concreto é comumente referida como nichos de concretagem (ou bicheiras), no entanto, ela considera como fenômenos distintos. Para a autora, a segregação manifesta-se pela falta de uniformidade do concreto, em que os agregados graúdos se apresentam sem a devida cobertura de argamassa, resultando em superfícies com agregado aparente. Por outro lado, os nichos de concretagem são identificados

como vazios provenientes da falta de concreto ou agregado graúdo em regiões da peça. A figura abaixo apresenta exemplos de segregação em pilares de concreto.

Figura 13: Segregação em pé de pilar



Fonte: FERREIRA [s.d.]

Essas manifestações patológicas, além das implicações estéticas, têm potencial para comprometer a durabilidade e a resistência das estruturas de concreto, pois essas falhas podem contribuir para o aparecimento de deformações excessivas, que, em situações mais críticas, podem levar ao colapso da estrutura (FIGUEROLA, 2006). Além disso, a segregação do concreto pode contribuir para o surgimento de outras manifestações patológicas, como a corrosão da armadura. Dessa forma, é de suma importância a prevenção contra esse fenômeno. DAL MOLIN (1988) enfatiza que:

“É essencial evitar "ninhos" e segregações. Uma compactação insuficiente pode aumentar a permeabilidade até um ponto em que a proteção das armaduras deixa de existir”. (DAL MOLIN, 1988, p. 56)

2.3.5. Desagregação do concreto

A desagregação é a separação da camada de concreto, que perde sua integridade por conta da perda de poder aglomerante do cimento que compõe, o que ocorre junto com fissurações. Essas fissuras podem ser provenientes de processos de corrosão da armadura, que resultam em reações expansivas que provocam a desagregação acelerada do elemento estrutural (SOUZA; RIPPER, 1998).

Como o cimento perde seu caráter aglomerante, os agregados ficam livres na pasta e posteriormente se desprendem. Assim, o processo inicia-se na superfície do concreto, que sofre

alteração na sua coloração, seguido pelo aumento de fissuras entrecruzadas e, por fim, pela desintegração da massa de concreto devido a expansão da pasta de cimento (GARCIA, 1999). Esse processo pode ser observado na figura 14, logo abaixo.

Figura 14: Processo de desagregação em estruturas de concreto armado



Fonte: NASCIMENTO [s.d.]

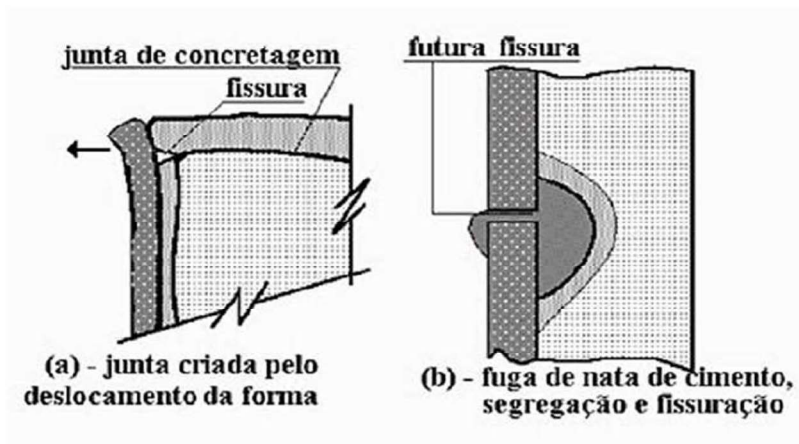
De acordo com PIANCASTELLI (1999), as principais causas do fenômeno patológico são listadas a seguir.

- “• Ataques químicos, como o de sulfatos;
- Reação álcali-agregado;
- Águas puras (águas que evaporam e depois condensam) e as águas com pouco teor de sais (águas de chuva), que lhe arrancam sais pelos quais são ávidas;
- Águas servidas (esgotos e resíduos industriais) em dutos e canais, em função da formação, dentre outros, do gás sulfídrico ($H_2S \Rightarrow$ bactérias $\Rightarrow H_2SO_4$);
- Micro-organismos, fungos, e outros, através de sua ação direta e suas excreções ácidas;
- Substâncias orgânicas como: gorduras animais, óleos e vinho;
- Produtos altamente alcalinos (mais raramente).” (PIANCASTELLI, 1999, p. 10)

SOUZA E RIPPER (1998) elencam mais outros fatores, além daqueles relacionados a processos químicos e biológicos (citados por Piancastelli), destacando-se o processo de movimentação das formas, que podem afastar-se, criando na peça juntas de concretagem não planejadas ou ocasionando o escorrimento da nata por entre os vãos. Essa ocorrência,

representada na figura 15, pode levar a pontos de segregação na peça e, conseqüentemente, ocasionar a desagregação do concreto. Em ambos os casos, esses fenômenos levam ao surgimento de fissuras e ao enfraquecimento do elemento estrutural.

Figura 15: Desagregação do concreto por consequência da movimentação das formas



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

2.3.6. Eflorescência

Águas provenientes de rios, lagos ou do lençol freático, conhecidas como água dura, contém impurezas como cloretos, sulfatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio. Essas contaminações não atacam a pasta de cimento. Entretanto, a água pura (resultantes da condensação de neblinas e vapores) e a água mole (derivadas da chuva) contém pouca ou nenhuma concentração de íon de cálcio, o que faz com que ao entrar com a pasta de cimento Portland, essa umidade tende a dissolver o cálcio do cimento, fazendo com que ocorra o depósito de sais na superfície, formando crostas de coloração branca, conforme visto na figura 16. A esse fenômeno dá-se o nome de eflorescência (MEHTA *et al.*, 1994 *apud* LAPA, 2008).

Figura 16: Eflorescência em parede de concreto



Fonte: PINHEIRO (2022)

Conforme GARCIA (1999), a ocorrência da eflorescência depende de três condições essenciais: a presença de sais solúveis em algum componente do elemento; a presença de umidade infiltrada, que tende a sair por conta da diferença de pressão; e a dissolução e transporte dos sais, que se recristalizam após a evaporação da água. As eflorescências mais comumente encontradas são o sulfato cálcico (Ca_2SO_4) e o carbonato de cálcio (CaCO_3). O primeiro é pouco solúvel, porém ocorre quando há presença de outros sais como o sulfato potássico ou em situações em que a estrutura fica exposta a umidade por tempo prolongado. Já o segundo acontece como resultado da reação entre o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{HO})_2$), a nata de cal, que é liberado durante a pega do concreto e o dióxido de carbono (CO_2) presente no ar. O quadro abaixo apresenta os sais mais comuns encontrados em fenômenos de eflorescência.

Quadro 1 - Sais mais comuns em eflorescência

Composição química	Solubilidade em água	Fonte provável
carbonato de cálcio	pouco solúvel	⇒ carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento ⇒ cal não carbonatada
carbonato de magnésio	pouco solúvel	⇒ carbonatação do hidróxido de cálcio do cimento ⇒ cal não carbonatada
carbonato de potássio	muito solúvel	⇒ carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
carbonato de sódio	muito solúvel	⇒ carbonatação de hidróxidos alcalinos de cimentos de elevado teor de álcalis.
hidróxido de cálcio	Solúvel	⇒ cal liberada na hidratação do cimento
Sulfato de cálcio desidratado	Parcialmente solúvel	⇒ hidratação do sulfato de cálcio do tijolo
sulfato de magnésio	Solúvel	⇒ tijolo ⇒ água de amassamento
sulfato de cálcio	Parcialmente solúvel	⇒ tijolo ⇒ água de amassamento
sulfato de potássio	muito solúvel	⇒ tijolo ⇒ água de amassamento ⇒ cimento
sulfato de sódio	muito solúvel	⇒ tijolo ⇒ água de amassamento ⇒ cimento
cloreto de cálcio	muito solúvel	⇒ água de amassamento
cloreto de magnésio	muito solúvel	⇒ água de amassamento
Nitrato de magnésio	muito solúvel	⇒ solo adubado ou contaminado
Nitrato de sódio	muito solúvel	⇒ solo adubado ou contaminado
Nitrato de amônio	muito solúvel	⇒ solo adubado ou contaminado

Fonte: GRANATO (2002)

O processo de eflorescência geralmente não causa problemas maiores que a modificação do aspecto visual da estrutura devido às manchas causadas pelos sais. Entretanto, dependendo dos sais que são formados no processo, eles podem provocar lesões na estrutura, causando descolamento de revestimentos ou de pinturas, e em casos mais graves pode levar até a queda de elementos construtivos (MELO, 2011).

2.3.7. Bolor e fungos

O concreto é um material suscetível ao ataque de microrganismo, devido a suas características como porosidade, rugosidade, umidade e composição química. Essas condições combinadas com fatores ambientais (umidade, luminosidade e temperatura) criam um ambiente favorável para o processo de biodeterioração do concreto. O processo de biodeterioração refere-se à qualquer alteração indesejada das propriedades do concreto devido à ação de microrganismos, sendo classificado em quatro categorias: física ou mecânica, estética, química assimilatória e química não assimilatória (LAPA, 2008).

Em resumo, a biodeterioração física ou mecânica é caracterizada pela ruptura do material que ocorre por conta da pressão exercida por organismos durante seu crescimento ou movimentação. Já a biodeterioração estética é causada pela presença de microrganismos na superfície que afetam a aparência do concreto, provocando alterações de cor e manchas indesejadas, não causando alterações químicas ou de desempenho dos materiais. A biodeterioração química assimilatória ocorre quando os microrganismos absorvem do material nutrientes que são utilizados como fonte de energia, o que ocasiona a liberação de ácidos e compostos químicos que danificam o concreto. Por fim, a biodeterioração química não assimilatória decorre da ação dos produtos metabólicos de natureza ácida, que ao ser liberados pelos microrganismos, reagem quimicamente com o material, decompondo seus minerais e, assim, prejudicando a sua integridade (PEREIRA, 2012).

Segundo MELO (2011), o bolor é a proliferação de microvegetais, de natureza fúngica que se alimentam de matéria orgânica. Essa manifestação patológica costuma aparecer em ambientes úmidos por condensação em que não há água corrente. Como consequência da propagação dos fungos na superfície, ocorre o aparecimento de manchas escuras, como pode ser visto nas figuras 17 e 18. Essas manchas geralmente apresentam coloração verde, branca ou vermelha, mas varia dependendo do tipo de reação química ou da cor dos esporos do fungo.

Figura 17: Bolor em marquise



Fonte: MELO (2011)

Figura 18: Viga com manchas características da presença de bolores



Fonte: PINHEIRO *et al.* (2018)

Conforme TOMAZELI (2017), apesar do concreto apresentar pH altamente alcalino, o que dificulta a proliferação de microrganismos, ao ficar exposto a condições ambientais que contenham poluentes atmosféricos e mais o dióxido de carbono (CO_2) presente na atmosfera, o concreto sofre uma redução de pH, aumentando assim sua bioreceptividade ao material orgânico. Com isso, forma-se uma película no substrato, chamada de biofilme, que propicia a

fixação de microrganismos e outras partículas na camada externa do concreto. Esse processo resulta na formação de manchas e pátinas biológicas, caracterizando a biodeterioração estética.

Entretanto, VERÇOSA (1991 apud MELO, 2011) afirma que os fungos não possuem clorofila, substância que auxilia na alimentação vegetal pelo processo de decomposição de substâncias orgânicas complexas, o que faz com que essa decomposição seja feita por meio de enzimas que suas raízes excretam. Essas enzimas têm natureza ácida, que ataca a superfície do concreto, ocasionando o surgimento de manchas, e em casos mais avançados, a desagregação da superfície.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O trabalho caracteriza-se com uma pesquisa de natureza descritiva, pois, conforme GIL (2002, p. 42), “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. Dessa forma, dentro do escopo do trabalho, ao adotar uma abordagem descritiva, busca-se não só descrever o estado da estrutura, mas identificar e catalogar as principais manifestações patológicas que afetam a estrutura. Assim, pode-se compreender as causas subjacentes a essas patologias, avaliar seus impactos e, por fim, propor soluções e tratamentos adequados para lidar de maneira mais eficaz com os problemas identificados, contribuindo, assim, para a recuperação e preservação da obra paralisada.

Em relação aos procedimentos adotados, a pesquisa abrange duas etapas para a obtenção dos dados, de forma secundária, por meio da pesquisa bibliográfica, e de forma primária, com o levantamento de campo. A primeira etapa do estudo, consiste na revisão bibliográfica. Essa etapa é de suma importância pois, conforme GIL (2002, p. 45) “a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”. LAKATOS e MARCONI (2003, p. 158) complementam:

“A pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema. O estudo da literatura pertinente pode ajudar a planificação do trabalho, evitar publicações e certos erros, e representa uma fonte indispensável de informações, podendo até orientar as indagações.” (LAKATOS; MARCONI, 2003, p. 158)

Dessa forma, a pesquisa em livros, artigos e trabalhos, proporciona a base de conhecimento necessária para fundamentar a etapa seguinte, constituindo um alicerce essencial para o desenvolvimento da pesquisa.

Em seguida, faz-se o levantamento de campo, por meio da visita in situ na edificação paralisada, acompanhada do registro fotográfico das manifestações patológicas encontradas na estrutura, proporcionando uma coleta de dados detalhada e visual. SEVERINO (2014) afirma que em uma pesquisa de campo, “a coleta dos dados é feita nas condições naturais em que os fenômenos ocorrem, sendo assim diretamente observados, sem intervenção e manuseio por parte do pesquisador”.

Como parte fundamental do processo de pesquisa de campo, é primordial a definição das técnicas que devem ser utilizadas na coleta de dados e seleção de uma amostra que seja representativa e adequada para sustentar as conclusões. Além disso, antes de iniciar a coleta de dados, é necessário estabelecer, também, as técnicas para registrar os dados e para a posterior análise (LAKATOS; MARCONI, 2003). Sendo assim, busca-se fazer o diagnóstico das manifestações patológicas, seguindo o método proposto por LICHTENSTEIN (1986), que é composto por três partes: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição da conduta.

3.2 AMBIENTE DA PESQUISA

3.2.1. Macapá-AP

O trabalho desenvolveu-se na cidade de Macapá, que é a capital do Estado do Amapá, representado na figura 19. Conforme o Censo Demográfico, o estado tem uma extensão territorial de 142.471 km² e possui uma população de 733.759 habitantes, com densidade demográfica de 5,15 hab/km². A população concentra-se, em sua maioria, na capital que contempla 442.933 habitantes, com densidade demográfica de 67,48 hab/km² (IBGE, 2022).

Figura 19: Mapa do Estado do Amapá



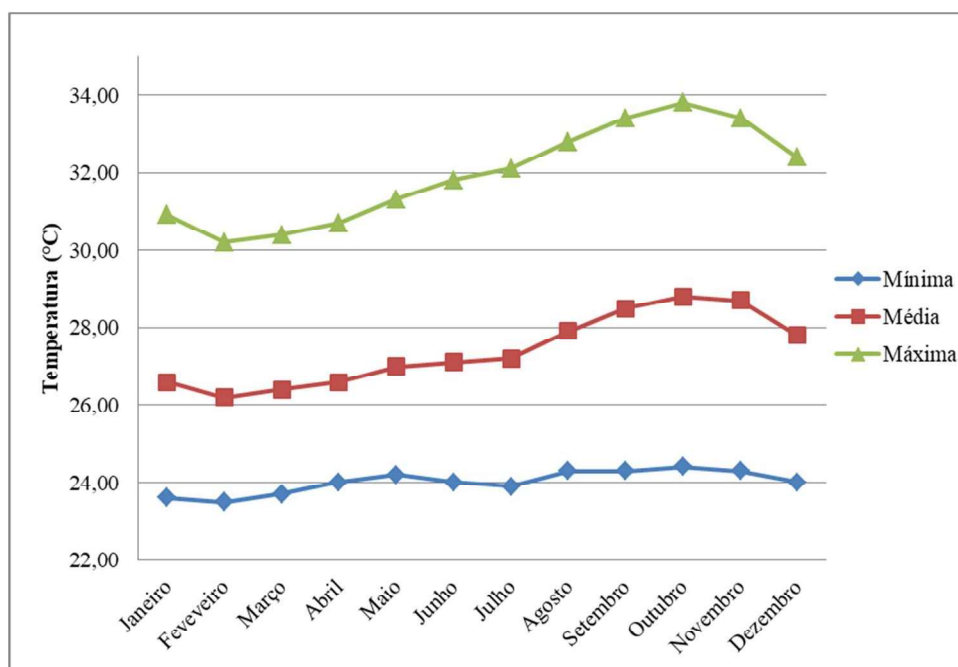
Fonte: IBGE (2023)

O clima de Macapá é classificado como equatorial, com duas estações distintas. A estação chuvosa (inverno), de dezembro a julho, em que há a ocorrência de um grande volume

de chuva forte, é influenciada pela atuação da chamada Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A estação seca (verão), que se estende de agosto a novembro, é caracterizada por diminuição do volume de chuva, principalmente nos meses de outubro a novembro, podendo ter períodos longos de estiagem, que são intensificados por conta da alta temperatura e diminuição da umidade relativa (TAVARES, 2014).

Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, a temperatura da cidade varia entre 23,50 °C (durante o inverno) a 33,80 °C (durante o verão), variação essa ilustrada no gráfico a seguir (figura 20).

Figura 20: Variação média da temperatura em Macapá-AP de 1990 a 2020



Fonte: adaptado de INMET (2023)

3.2.2. Edificação

A edificação encontra-se situada no bairro do Zerão, na Zona Sul da cidade de Macapá, próximo a Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) e Estádio Estadual Milton de Souza Corrêa, popularmente conhecido como “Estádio do Zerão”, conforme mostrado na figura 21. Esta é uma obra pública, submetida a processo licitatório no ano de 2014, que se encontra, entretanto, com suas atividades atualmente paralisadas.

Figura 21: Localização da edificação



Fonte: Google Maps (2023)

O edifício está localizado em ambiente urbano, com classe de agressividade moderada. A estrutura é de concreto armado, constituída por pilares, vigas e lajes do tipo nervuradas, conforme pode ser visto na figura abaixo. Não foi constatada a execução de nenhum sistema de vedação ou de impermeabilização. Cabe ressaltar também que não foi possível ter acesso ao memorial descritivo e nem às especificações técnicas do projeto.

Figura 22: Fachada da edificação



Fonte: Google Maps (2023)

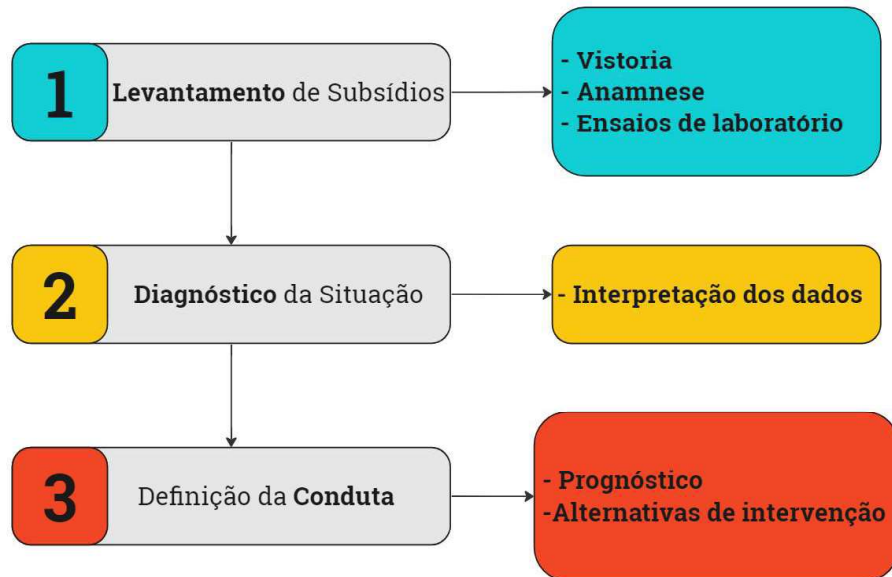
A construção teve início no ano de 2015 com previsão para término no ano de 2016, porém a empresa responsável pela obra não teve condições de cumprir contrato por diversas questões. Logo na execução das fundações, houve um problema relacionado à escolha do tipo de fundação. Inicialmente optou-se por utilizar estacas pré-moldadas cravadas por percussão, porém durante a sondagem foi identificado o solo com a presença de rochas, o que inviabilizou as estacas cravadas, sendo substituídas por estaca raiz. Assim, foi necessário fazer um aditivo de contrato para estender o prazo. Após isso, a empresa teve dificuldade financeira de manter as atividades, o que ocasionou atraso de entrega da primeira etapa da obra, que envolvia a execução das fundações e estruturas. Por fim, a empresa construtora abandonou o contrato em 2018, após decretar falência, e a edificação permanece até os dias atuais com as atividades paralisadas.

3.3 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE LICHTENSTEIN

Como dito anteriormente, o método de LICHTENSTEIN (1986) divide-se em três partes: levantamento de subsídios, diagnóstico da situação e definição da conduta. O levantamento de subsídio consiste em coletar informações por meio de vistorias no local, investigação do histórico da construção, do edifício e análise de ensaios complementares, caso necessário. A segunda etapa envolve a interpretação dos dados coletados na fase anterior, proporcionando uma compreensão aprofundada dos fenômenos presentes na construção analisada. Por fim, a etapa conclusiva engloba o desenvolvimento do prognóstico da situação, que fundamenta a definição do procedimento a ser adotado para solucionar o problema, incluindo a definição e especificação de materiais, mão de obra e equipamentos que devem ser utilizados.

LICHTENSTEIN (1986) afirma que esse procedimento pode ser utilizado independentemente da experiência do profissional ou do grau de complexidade do problema. Dessa forma, temos o seguinte fluxograma (figura 23) para a investigação:

Figura 23: Fluxograma do levantamento de campo



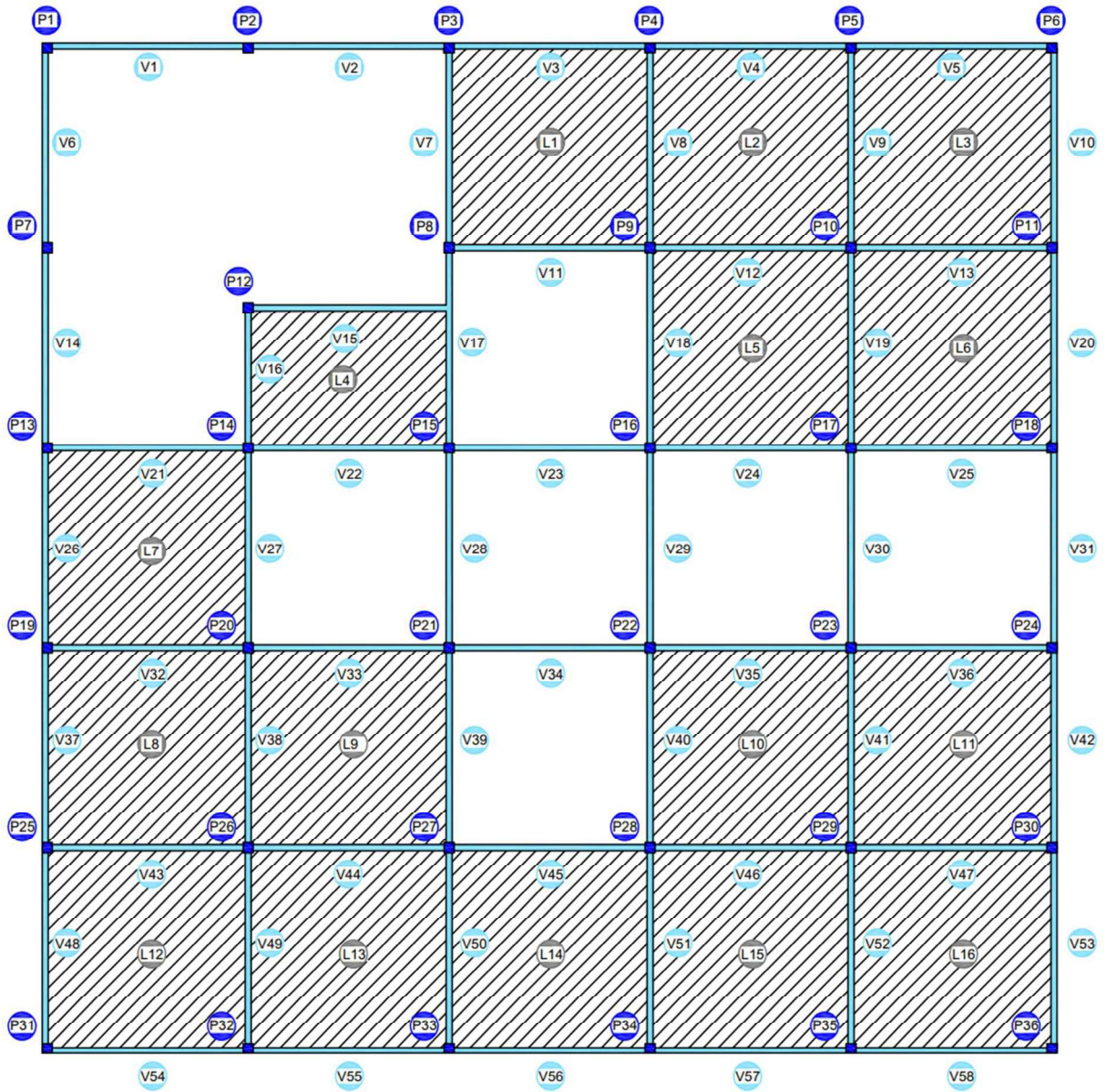
Fonte: adaptado de LICHTENSTEIN (1986)

3.3.1. Levantamento de Subsídio

A etapa de levantamento de subsídios consistiu na visita técnica à obra. Primeiramente, foi necessário solicitar, via ofício, a autorização para visitar a obra e registrar as manifestações patológicas. Após a autorização por parte do órgão, as visitas ocorreram em três dias diferentes, com o acompanhamento de um profissional do departamento de Engenharia e Perícia, o que permitiu, também, a coleta de informações sobre o histórico da edificação, os problemas que ocorreram durante a execução e informações quanto à data em que a construção teve início e data de paralisação.

A vistoria foi feita em todos os elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) do primeiro pavimento a fim de identificar visualmente as manifestações patológicas presentes na estrutura. As manifestações patológicas encontradas na vistoria foram fotografadas e registradas em uma tabela, para posterior análise. O modelo da tabela e o croqui da edificação com a identificação dos elementos estruturais encontram-se a seguir (figuras 24 e quadro 2).

Figura 24: Croqui do 1º pavimento



Fonte: Própria (2023)

Quadro 2 - Modelo utilizado para registrar as manifestações patológicas encontradas

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS PILARES			
P1		P19	
P2		P20	
P3		P21	
P4		P22	
P5		P23	
P6		P24	
P7		P25	
P8		P26	
P9		P27	
P10		P28	
P11		P29	
P12		P30	
P13		P31	
P14		P32	
P15		P33	
P16		P34	
P17		P35	
P18		P36	

Fonte: Própria (2023)

3.3.2. Diagnóstico da Situação

Para o diagnóstico do estado da estrutura, primeiramente foi necessário organizar e analisar os dados coletados na primeira etapa, ou seja, consultou-se as informações anotadas na planilha e os registros fotográficos. Para essa etapa, foram desenvolvidas novas planilhas para identificar as principais manifestações encontradas e seu grau de recorrência. Nessas planilhas optou-se, para fins didáticos, por utilizar códigos (quadro 3) a fim de facilitar a apresentação dos resultados. Além disso, foram gerados tabelas e gráficos que serão mostrados no tópico de resultados.

Quadro 3 - Códigos adotados para as identificar as manifestações patológicas

CÓDIGO	MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA
BO	Bolor
CO	Corrosão da armadura
DE	Desagregação
DI	Disgregação
EF	Eflorescência
FI	Fissuras
SG	Segregação
UM	Umidade

Fonte: Própria (2023)

A partir da análise das manifestações patológicas nos elementos estruturais, foram elaboradas hipóteses sobre as possíveis causas e origens desses problemas, que serão apresentadas nos resultados.

3.3.3. Definição da Conduta

Para embasar a definição das condutas, foi necessário consultar a literatura para ter conhecimento dos procedimentos de terapia das estruturas mais utilizados conforme cada tipo de manifestação patológica atuante na estrutura.

Para isso, os principais livros utilizados foram:

- Manual de reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto, de Paulo Helene (1992);
- Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto, de Vicente de Souza e Thomaz Ripper (1998);
- Trincas em edifícios - causas, prevenção e recuperação, de Ercio Thomaz (1986).

Os livros são produzidos por autores reconhecidos por suas contribuições significativas no âmbito da engenharia de patologias e reabilitação de estruturas, e oferecem uma abordagem abrangente e objetiva para o diagnóstico dos fenômenos patológicos, bem como para a seleção e aplicação de terapias adequadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados gerais obtidos pela vistoria estão elencados a seguir. As tabelas com os dados completos das manifestações identificadas estão dispostas em anexo ao final do trabalho. Nesse tópico, optou-se por fazer a análise dos resultados de duas maneiras: pela análise quantitativa e pela análise qualitativa.

Na análise quantitativa, buscou-se avaliar a estrutura por meio da quantidade de elementos que apresentam manifestações patológicas e a incidência desses fenômenos na estrutura como um todo. Os dados foram separados por elemento estrutural, a fim de identificar quais manifestações foram mais comuns em cada tipo de elemento. Na análise qualitativa, buscou-se apresentar, para cada tipo de manifestação patológica, uma discussão sobre as possíveis causas do surgimento dos fenômenos e sugerir as terapias recomendadas para cada problema.

Cabe ressaltar que em alguns elementos, a vistoria não foi feita de forma satisfatória pois algumas peças ainda estavam com as formas, outras estavam parcialmente inacessíveis por conter acúmulo de entulhos em sua proximidade, conforme demonstrado nas fotografias abaixo.

Figura 25: Pilar P24 e laje L8 com as formas



Fonte: Própria (2023)

Figura 26: Pilha de entulhos presentes na obra



Fonte: Própria (2023)

4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA

Na tabela a seguir, os dados são apresentados conforme o número total de elementos estruturais que apresentam as manifestações patológicas identificadas. A quantidade de elementos e os percentuais parciais por tipo de elemento são separados por colunas, e na coluna final tem-se os valores totais e percentuais correspondentes à quantidade total de todas as peças com observações.

Nota-se que o somatório dos valores percentuais excede 100%, pois na maioria dos casos um elemento estrutural apresentou mais de um tipo de manifestação patológica. Isso se dá devido a escolha de contabilização utilizado. Por exemplo, se durante a observação de um pilar, foi constatado que ele apresenta segregação do concreto, corrosão da armadura e fissuras, o pilar foi contabilizado 3 vezes, no grupo de segregação, de corrosão e de fissuras.

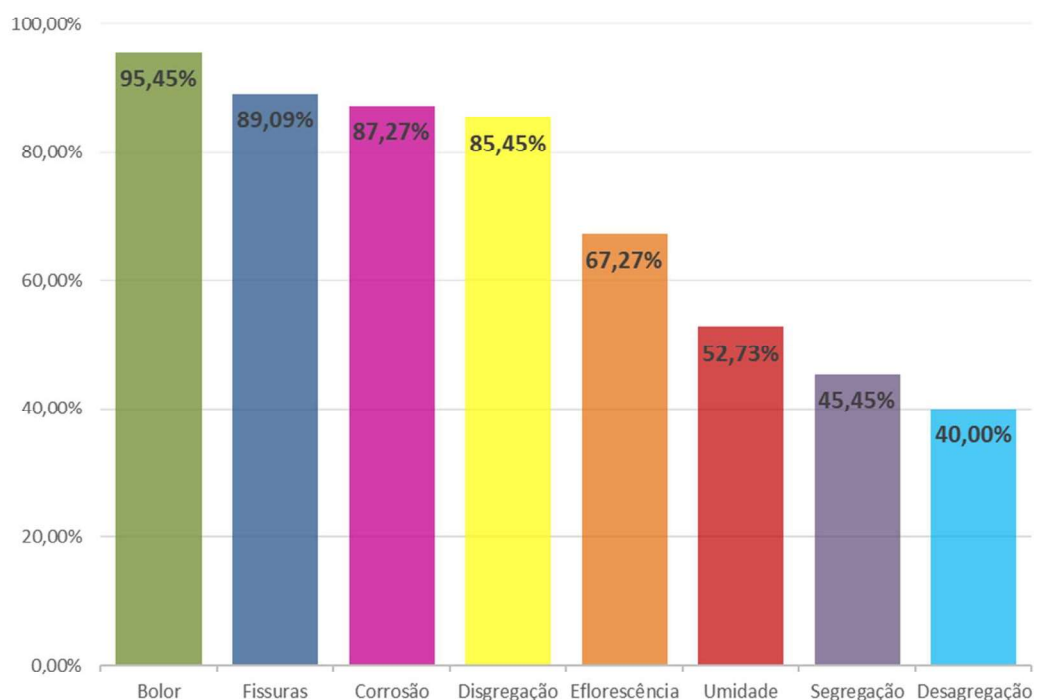
Tabela 6: Número de elementos que apresentam manifestações patológicas e porcentagem de incidências

ELEMENTO ESTRUTURAL MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	PILARES		VIGAS		LAJES		TOTAL	
	Quant.	Porc.	Quant.	Porc.	Quant.	Porc.	Quant.	Porc.
Bolor	34	94,44%	55	94,83%	16	100,00%	105	95,45%
Corrosão	23	63,89%	57	98,28%	16	100,00%	96	87,27%
Desagregação	12	33,33%	17	29,31%	15	93,75%	44	40,00%
Disgregação	27	75,00%	53	91,38%	14	87,50%	94	85,45%
Eflorescência	14	38,89%	45	77,59%	15	93,75%	74	67,27%
Fissuras	31	86,11%	51	87,93%	16	100,00%	98	89,09%
Segregação	19	52,78%	20	34,48%	11	68,75%	50	45,45%
Umidade	9	25,00%	38	65,52%	11	68,75%	58	52,73%

Fonte: Própria (2024)

Ao analisar o gráfico abaixo, que classifica as manifestações patológicas conforme o percentual de incidências, é evidente que a presença de bolores é praticamente generalizada em toda a estrutura, visto que essa manifestação foi identificada em 95,45% dos elementos estruturais. Adicionalmente, fenômenos de fissuras, corrosão da armadura e disgregação também tem um número grande de ocorrências, estando presentes em mais de 80% dos elementos estruturais. Além disso, os fenômenos de eflorescência e umidade foram observados em mais de 50% dos elementos.

Figura 27: Classificação das manifestações patológicas conforme a porcentagem total de incidências



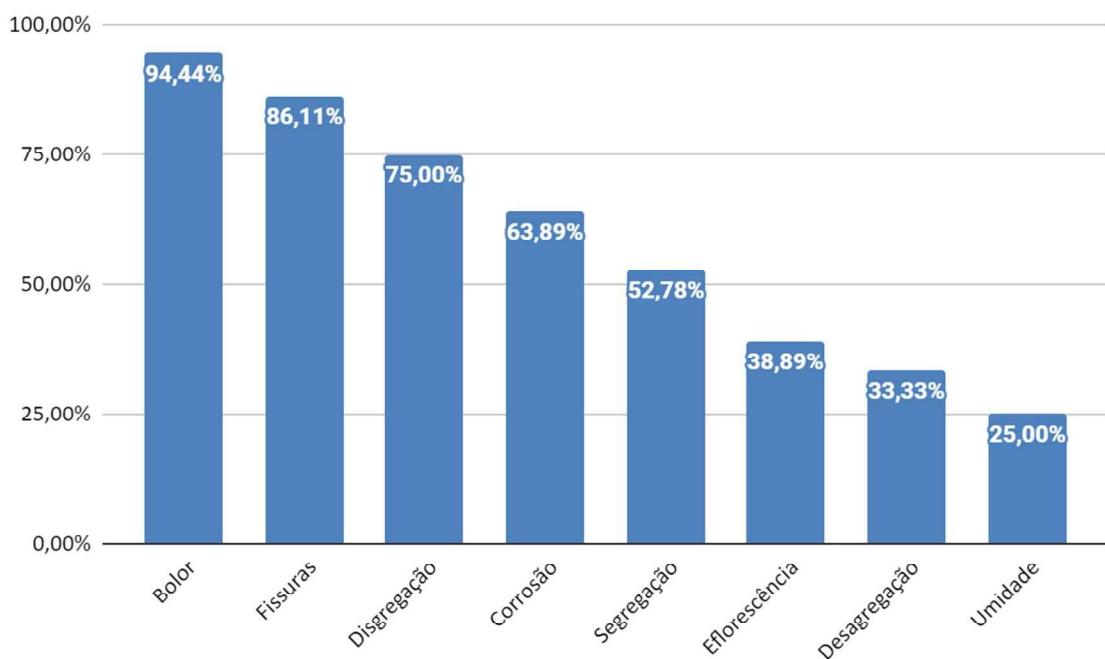
Fonte: Própria (2024)

Esses dados fornecem uma visão abrangente das condições das estruturas e das manifestações patológicas presentes, no entanto, é essencial analisar e discutir as possíveis causas, pois assim será possível sugerir medidas corretivas para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura. Além disso, os resultados apresentados corroboram com a hipótese levantada no início do trabalho, que sugere que as manifestações patológicas a serem encontradas, seriam resultado da exposição da estrutura às intempéries ou de falhas no processo construtivo.

4.1.1. Pilares

A classificação das incidências de manifestações nos pilares encontra-se no gráfico abaixo.

Figura 28: Classificação das incidências patológicas encontradas nos pilares



Fonte: Própria (2024)

Com base nesses dados, é possível notar que as manifestações mais proeminentes nesse elemento estrutural são o bolor, as fissuras e a disgregação do concreto, com 94,44%, 86,11% e 75%, respectivamente. Essas manifestações indicam problemas de umidade e deterioração do concreto, que podem causar outros danos estruturais mais graves e que podem comprometer a integridade dos pilares.

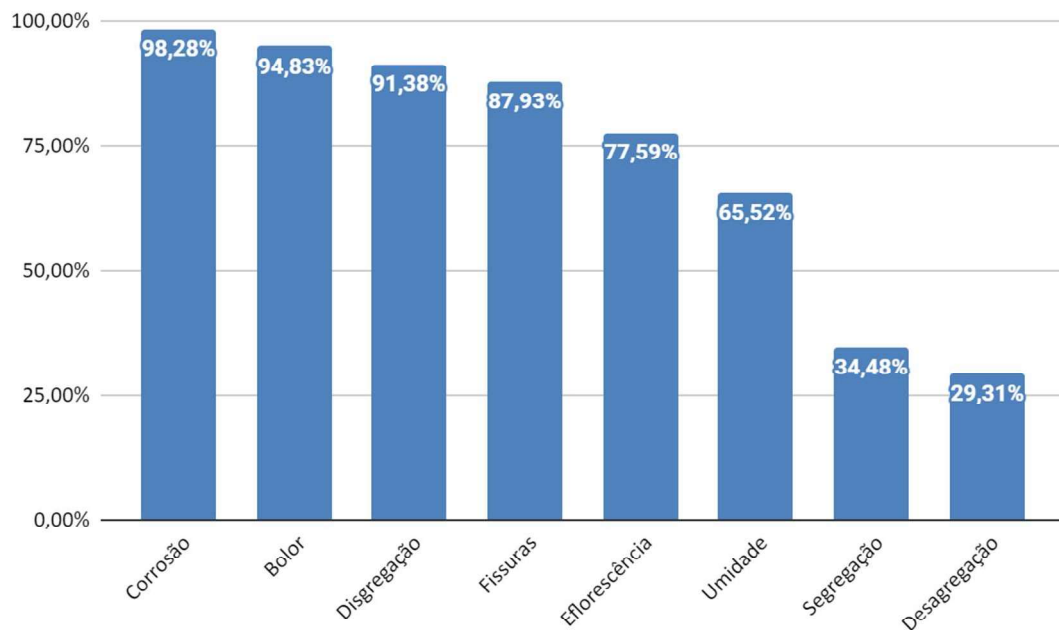
Além disso, a presença de problemas de corrosão das armaduras em mais de 63,89% e de segregação do concreto em 52,78% é alarmante, visto que essas manifestações podem levar a diminuição da capacidade de resistência e à instabilidade estrutural ao longo do tempo, caso

não tomadas as providências necessárias. Então, ao considerar que os pilares são os componentes responsáveis por transmitir os carregamentos de uma estrutura para as suas fundações, é de suma importância garantir a manutenção da sua capacidade de resistência e desempenho. Conseqüentemente, qualquer tipo de manifestação patológica nesses elementos é preocupante, pois apontam para incertezas quanto ao correto desempenho dos elementos.

4.1.2. Vigas

A classificação das incidências de manifestações nas vigas encontra-se no gráfico abaixo.

Figura 29: Classificação das incidências patológicas encontradas nas vigas



Fonte: Própria (2024)

Das 58 vigas analisadas, apenas 3 não apresentaram corrosão da armadura, o que faz com que esse fenômeno esteja presente em 98,28% das peças. Além disso, foi identificado a presença de bolor em 94,83%, de disgregação em 91,38% e de fissuras em 87,93% das vigas. Esses dados, se analisados de maneira conjunta, indicam que, assim como nos pilares, a estrutura sofre com problemas relacionados à umidade. Essa suposição se fortalece ao analisar que a incidência de efflorescência (77,59%) e umidade (65,52%) também apresentam valores elevados.

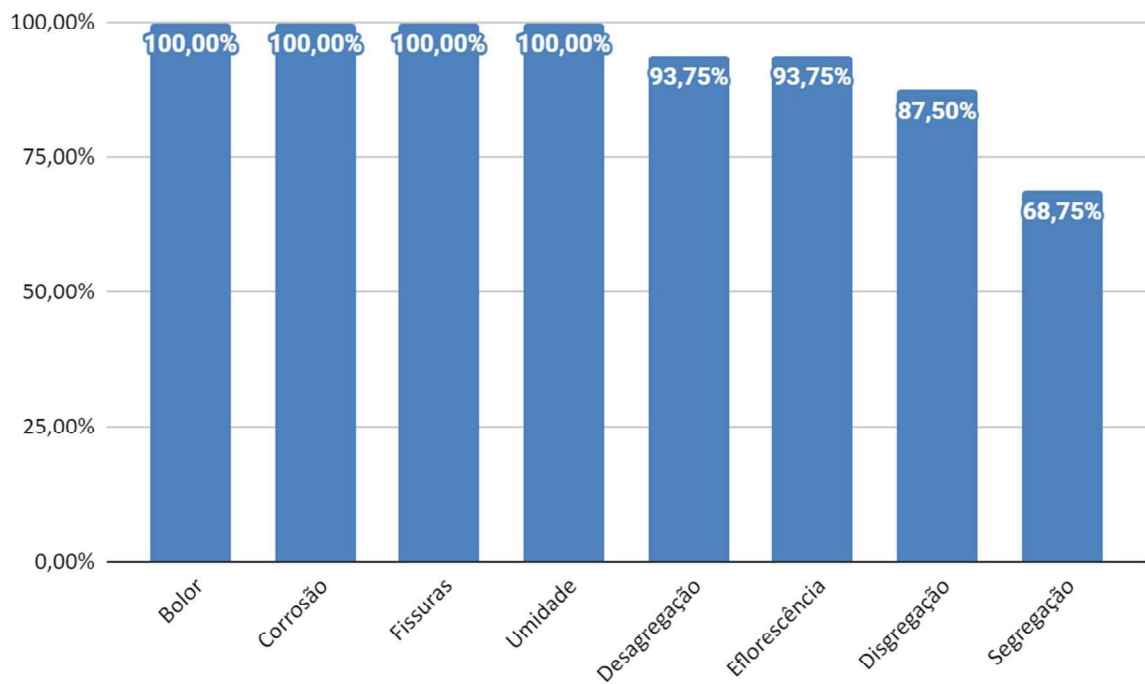
Além disso, a presença de vigas com segregação e desagregação são menos comuns, mas ainda assim estão presentes em aproximadamente 30% dos elementos. Isso pode indicar problemas durante o processo de execução, principalmente durante o lançamento e

adensamento do concreto, bem como pode sugerir problemas relacionados à dosagem e qualidade do concreto empregado.

4.1.3. Lajes

A classificação das incidências de manifestações nas vigas encontra-se no gráfico abaixo.

Figura 30: Classificação das incidências patológicas encontradas nas lajes



Fonte: Própria (2024)

Os fenômenos de bolor, corrosão, fissuras e umidade apresentam incidência em todas as lajes. Esses dados podem indicar problemas relacionados à degradação decorrente do acúmulo de águas e infiltrações nas lajes. Essa hipótese se fortalece ao constatar a ausência de qualquer sistema de vedação ou de impermeabilização, somado à própria característica das lajes que são classificadas como elementos de superfície, o que facilita o acúmulo de água de chuvas em toda a sua extensão e que podem penetrar na estrutura. Além disso, as outras manifestações, principalmente desagregação, disgregação e eflorescência também estão presentes em mais de 80% das lajes e a segregação que está presente em quase 70% das lajes, apontam para a existência de problemas e falhas no processo executivo.

É importante esclarecer que os dados foram registrados com base na presença ou ausência de cada patologia em cada laje individualmente. Ou seja, se uma laje apresentasse qualquer uma das patologias, ela seria contabilizada como tendo essa patologia,

independentemente da extensão ou área afetada. Portanto, uma incidência de 100% não indica que a manifestação se estende em 100% da área de cada laje, mas sim que todas as lajes analisadas apresentaram manifestações em pelo menos uma parte da sua área. Esse método de registro foi adotado para identificar a presença ou ausência de cada patologia em cada elemento estrutural de forma clara e objetiva, facilitando a análise e interpretação dos resultados. Ainda assim, é importante destacar que a presença de parte dessas manifestações em todas as lajes ainda é significativa e requer atenção, independentemente da extensão ou área afetada.

4.2 ANÁLISE QUALITATIVA

Nesse tópico a análise será feita conforme a manifestação patológica encontrada. Assim, para cada manifestação será apresentado uma tabela com os elementos que apresentam o problema. Além disso, será apresentado o diagnóstico, em que será discutido as prováveis causas para seu aparecimento, seguido da sugestão de tratamento adequado, conforme o tipo de manifestação patológica. É importante ressaltar que algumas causas podem aparecer em mais de um problema, pois em certos casos um fenômeno contribui para o surgimento de outro.

4.2.1. Bolor

Tabela 7: Identificação dos elementos com bolor

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM BOLOR	QUANT.	%
Pilares	P1, P2, P3, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36	34	94,44%
Vigas	V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16, V17, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V26, V27, V28, V29, V30, V31, V32, V33, V34, V35, V36, V37, V38, V41, V42, V44, V45, V46, V47, V48, V49, V50, V51, V52, V53, V54, V55, V56, V57, V58	55	94,83%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	16	100%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Umidade

A umidade é um dos principais fatores que favorecem o crescimento de bolor e fungos. Ao considerar que a estrutura está com o concreto aparente, as condições climáticas como alta umidade do ar e chuvas frequentes podem contribuir para o crescimento de bolores na estrutura, principalmente considerando o clima tropical da região.

Além disso, o próprio processo de condensação do ar úmido ao entrar em contato com a superfície fria do concreto pode causar o acúmulo de umidade nos poros do concreto e promover assim um ambiente propício para a proliferação e crescimento de fungos ou outros microrganismos. Esse processo pode ser observado na figura abaixo.

Figura 31: Viga V14 exposta às intempéries



Fonte: Própria (2023)

b) Porosidade do concreto

A porosidade é característica intrínseca do concreto, porém vários fatores contribuem para que os índices de porosidade da peça sejam elevados, o que aumenta conseqüentemente a vulnerabilidade da estrutura aos ataques de agentes agressivos que podem ser provenientes do ar atmosférico ou de água das chuvas. Alguns fatores como fator água/cimento, evaporação acelerada da água durante a cura de uma peça ou superfície ou falhas no processo de adensamento que provocam a formação de nichos ou de bolhas na superfície podem ser citados como causadores do aumento da porosidade do concreto.

Conforme pode ser visto na figura abaixo, alguns elementos apresentaram superfície porosa, o que pode causar o aumento da bioreceptividade da estrutura e a proliferação de bolores ou outros organismos em sua superfície.

Figura 32: Pilar P18 com porosidade elevada e infestação de cupins



Fonte: Própria (2023)

c) Materiais orgânicos

A presença de materiais orgânicos, como formas de madeira, combinados a umidade e má ventilação de certas áreas, pode fornecer nutrientes para o crescimento de bolor e fungos. Além disso, constatou-se a proliferação de cupins em pilares e vigas onde as formas não foram removidas a tempo, conforme a figura 33. Embora esses insetos não se alimentem diretamente do concreto, sua presença pode contribuir para os processos de degradação do material ao promover a retenção de umidade e ao criar túneis que podem comprometer a integridade da estrutura.

Figura 33: Proliferação de cupins no topo do pilar P18



Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

A recuperação da estrutura afetada por essa patologia pode ser feita da seguinte forma:

- Limpeza completa da área afetada com solução de água e hipoclorito de sódio e posterior lavagem da superfície utilizando jato de água;
- Secagem completa da estrutura;
- Tratamento antifúngico para eliminar os esporos remanescentes;
- Impermeabilização da superfície.

4.2.2. Corrosão da armadura**Tabela 8:** Identificação dos elementos com corrosão da armadura

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM CORROSÃO	QUANT.	%
Pilares	P2, P3, P5, P7, P9, P10, P12, P14, P15, P16, P17, P19, P20, P21, P22, P23, P25, P26, P27, P28, P32, P33, P35	23	63,89%
Vigas	V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16, V17, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V26, V27, V28, V29, V30, V31, V32, V33, V34, V35, V36, V37, V38, V39, V40, V41, V42, V43, V44, V45, V46, V47, V48, V49, V50, V51, V52, V53, V55, V56, V57, V58	57	98,28%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	16	100%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

- a) Cobrimento de concreto insuficiente

Conforme constatado em muitas peças, principalmente nas vigas, é provável que o executor não garantiu o cobrimento mínimo das peças de concreto conforme normatizado pela NBR 6118:2023, deixando a estrutura suscetível à penetração de agentes agressivos. Essa hipótese é constatada conforme a imagem abaixo, em que é possível notar manchas de corrosão dos estribos na superfície da viga.

Figura 34: Viga V13 com corrosão severa dos estribos



Fonte: Própria (2023)

b) Taxa excessiva de armadura

As principais falhas encontradas foram em relação a uma concentração muito grande de armadura longitudinal, causando problemas durante o processo de concretagem que levou ao surgimento de vazios de concretagem, o que fez com que a armadura ficasse exposta ao meio e sem a sua proteção. Esses problemas podem ser vistos na imagem abaixo.

Figura 35: Concentração de armaduras nas nervuras na laje L14



Fonte: Própria (2023)

c) Posicionamento inadequado das armaduras

É provável que durante a execução não foram utilizados espaçadores para garantir a colocação certa das armaduras, conforme pode ser visto na imagem abaixo (figura 36) em que o espaçamento entre os estribos está irregular. Essa falha também pode ter afetado também o problema de cobrimento insuficiente das armaduras.

Figura 36: Viga V39 com espaçamento dos estribos não uniforme



Fonte: Própria (2023)

d) Porosidade elevada do concreto

Como comentado anteriormente, apesar de ser característica intrínseca do concreto, a porosidade facilita a entrada de agentes agressivos que podem causar a corrosão da armadura. Esses agentes agressores, especialmente cloretos, podem alterar as características químicas e causar a perda da alcalinidade do concreto e conseqüentemente a perda da passivação da armadura. Alguns elementos apresentaram uma porosidade elevada na sua superfície, conforme constatado na imagem abaixo.

Figura 37: Viga V52 com superfície porosa e que apresenta corrosão dos estribos



Fonte: Própria (2023)

e) Fissuras

As fissuras presentes nos elementos estruturais podem expor as armaduras diretamente aos agentes corrosivos. Essas fissuras podem ser provocadas por diversos motivos, como sobrecargas, retração do concreto, recalque, entre outros motivos. Independente da causa, as fissuras podem provocar a aceleração do processo de corrosão, por facilitar a entrada de agentes agressivos. Alguns elementos estruturais apresentaram fissuras, conforme visto na figura 38.

Figura 38: Fissura da ordem de 2,5mm no pilar P22



Fonte: Própria (2023)

f) Umidade

A umidade é um dos principais fatores que contribuem para a corrosão das armaduras, pois a água pode penetrar no concreto pelas fissuras e poros, entrando em contato com as armaduras de aço e iniciando o processo de corrosão. Esse fenômeno foi encontrado em várias peças da estrutura, como pode ser visto nas figuras 39 e 40, a seguir.

Figura 39: Umidade aparente na viga V8



Fonte: Própria (2023)

Figura 40: Umidade presente na viga V24 acompanhada de corrosão das armaduras longitudinais e transversais



Fonte: Própria (2023)

g) Armaduras de espera expostas

As armaduras de espera são aquelas que se estendem para fora da estrutura de concreto e estão expostas ao ambiente exterior. Caso essas barras não estejam protegidas com argamassa de cimento ou tintas anticorrosivas, elas podem sofrer corrosão. Essa corrosão pode se propagar por toda a armadura e comprometer a integridade dos elementos que já estão executados. Na vistoria foi identificado alguns elementos com esse problema, conforme imagens a seguir.

Figura 41: P3 e P24 apresentando armaduras de espera em processo de corrosão



Fonte: Própria (2023)

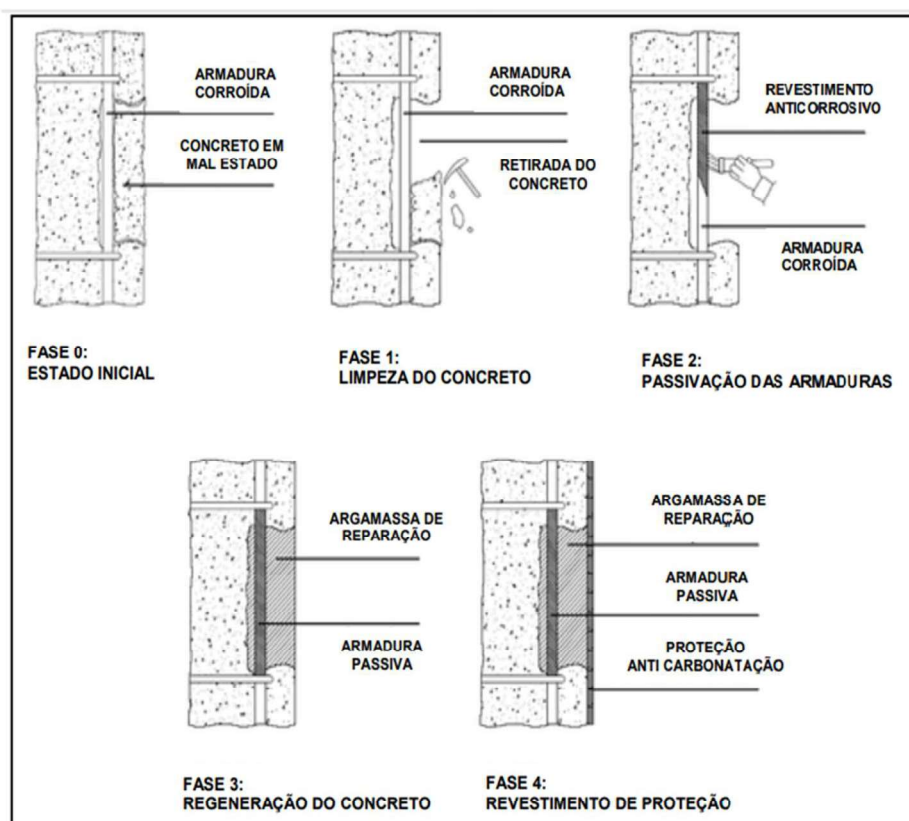
Sugestão de tratamento:

O procedimento de recuperação de elementos com corrosão da armadura pode ser seguido conforme as etapas abaixo.

- Remoção do concreto desagregado;
- Remoção do óxido de ferro (ferrugem), por meio de lixamento ou jato de areia;
- Proteção das barras de aço com pintura anticorrosiva;
- Reforço do componente estrutural por meio da adição de novas armaduras, caso seja necessário;
- Aplicação do revestimento de proteção.

Esse procedimento está representado na imagem abaixo (figura 42) que apresenta um resumo das etapas básicas para o tratamento de um elemento estrutural que é afetado pelo fenômeno de corrosão das armaduras.

Figura 42: Etapas básicas do reparo de pilares com armadura corroída



Fonte: Pelllicer *et al.* (2016) apud JUNIOR *et al.* (2018)

4.2.3. Desagregação

Tabela 9: Identificação dos elementos com desagregação do concreto

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM DESAGREGAÇÃO	QUANT.	%
Pilares	P2, P7, P10, P12, P14, P15, P16, P20, P21, P22, P31, P35	12	33,33%
Vigas	V1, V2, V3, V4, V6, V7, V10, V14, V15, V21, V26, V28, V29, V30, V38, V43, V58	17	29,31%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	15	93,75%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Movimentação das formas

O processo de movimentação das formas pode provocar a criação de juntas de concretagem não previstas ou a fuga de nata de cimento pelas juntas ou formas. Esse processo pode provocar a segregação do concreto que, somado a formação de fissuras e fuga de nata, implica no enfraquecimento da estrutura e comprometimento do caráter aglomerante do concreto. Conforme as imagens a seguir, foi possível identificar esse quadro em alguns elementos da estrutura, principalmente em pilares.

Figura 43: Pilar P21 com desagregação em juntas de concretagem resultante de movimentação de formas



Fonte: Própria (2023)

Figura 44: Segregação e desagregação em junta de concretagem no pilar P16



Fonte: Própria (2023)

b) Segregação do concreto

Como dito anteriormente, a segregação provoca o enfraquecimento da seção do concreto afetada pelo fenômeno. A existência de vazios de concretagem e da segregação dos componentes do concreto podem contribuir para a perda do poder aglomerante do concreto, o que leva ao processo de desagregação do concreto. Como pode ser visto na imagem abaixo (figura 45), a segregação da parte superior da laje pode ter provocado a desagregação do concreto, identificada pelos seguintes sintomas: mudança de coloração do concreto, fissuras entrecruzadas e desintegração do concreto. Além disso, conforme a figura 46, esse processo também ocorreu em pilares com segregação.

Figura 45: Processo de desagregação da laje L9 causado pela segregação do concreto



Fonte: Própria (2023)

Figura 46: Desagregação da base do pilar P15 enfraquecido pela segregação



Fonte: Própria (2023)

c) Ataques biológicos

A presença de fungos, algas e outros microrganismos na superfície do concreto provoca o enfraquecimento da pasta de cimento e compromete a adesão entre os agregados e a pasta de cimento, levando à desagregação. Além disso, os cupins, apesar de não se alimentarem do concreto, podem provocar o surgimento de trincas devido ao processo de construção dos cupinzeiros (figura 48). Ainda, o crescimento de vegetação na estrutura (figura 47) também pode causar a desagregação do concreto, pois as raízes podem penetrar em pequenos vãos ou falhas de concretagem e agravar quadros de fissuração.

Figura 47: Desagregação e rompimento de parte da laje L13 devido a proliferação de bolor e vegetação.



Fonte: Própria (2023)

Figura 48: Ataque de cupim na viga V20



Fonte: Própria (2023)

d) Umidade

A penetração de água pelos poros do concreto promove a dissolução dos sais presentes na mistura, o que provoca a diminuição do pH do concreto. Essas alterações químicas enfraquecem o concreto e provocam a desagregação, como pode ser visto na imagem a seguir (figura 49) em que o concreto apresenta uma mudança de coloração, podendo indicar esse processo.

Figura 49: Desagregação do concreto na L5 provocada pela percolação de umidade



Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

O processo de recuperação das peças com desagregação pode ser feito da seguinte maneira:

- Remoção do concreto desagregado até atingir o concreto sadio;
- Limpeza da superfície com jato de ar;
- Reconstruir a seção do elemento estrutural:
 - a. Em casos de reparo superficial: utilizar argamassa polimérica ou epóxi;
 - b. Em casos de reparo profundos: utilizar argamassa polimérica a base cimento, graute a base cimento ou concreto;
- Aplicar revestimento de proteção.

4.2.4. Disgregação

Tabela 10: Identificação dos elementos com disgregação do concreto

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM DISGREGAÇÃO	QUANT.	%
Pilares	P1, P2, P3, P4, P7, P9, P10, P12, P14, P15, P16, P17, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P28, P30, P32, P33, P34, P35	27	75,00%
Vigas	V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V15, V16, V17, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V26, V27, V28, V29, V33, V34, V35, V36, V37, V38, V39, V41, V42, V43, V44, V45, V46, V47, V48, V49, V50, V51, V52, V53, V54, V55, V56, V57, V58	53	91,38%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L7, L8, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	14	87,50%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Corrosão da armadura

Sabe-se que o processo de corrosão das armaduras resulta em óxidos que se expandem dentro da estrutura e exercem pressões internas que geralmente o concreto não suporta, o que causa o deslocamento. As causas relacionadas ao processo de corrosão foram discutidas anteriormente, mas cabe ressaltar que se a camada de cobertura do concreto não for adequada, esse concreto tem a tendência maior a disgregar. Além disso, devido à grande incidência de corrosão das armaduras longitudinais e transversais, não foi difícil achar peças que apresentaram disgregação resultante da expansão das armaduras corroídas. Os exemplos estão nas imagens a seguir.

Figura 50: Viga V43 em processo inicial de deslocamento



Fonte: Própria (2023)

Figura 51: Pilar P14 apresentando disgregação nas duas faces



Fonte: Própria (2023)

Figura 52: Laje L7 com deslocamento do concreto



Fonte: Própria (2023)

b) Choque mecânico nas extremidades dos pilares

Alguns pilares apresentaram disgregação das bordas (figura 53), em que a provável causa seja por choques mecânicos que provocaram o lascamento da camada de concreto da peça. Geralmente, esses problemas são superficiais e não comprometem a capacidade de resistência do concreto. No entanto, em alguns casos, o lascamento de parte do concreto pode levar a perda da camada protetora das armaduras.

Figura 53: Pilares P1 e P19 apresentam lascamento das suas extremidades



Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

O processo de recuperação de peças com disgregação pode ser feito da seguinte maneira:

- Remoção do concreto enfraquecido até atingir o concreto sadio;
- Limpeza das armaduras com corrosão com jatos de areia ou lixamento;
- Reconstruir a seção do elemento estrutural:
 - a. Em casos de reparo superficial: utilizar argamassa polimérica ou epóxi;
 - b. Em casos de reparo profundos: utilizar argamassa polimérica a base cimento, graute a base cimento ou concreto;
- Aplicar revestimento de proteção.

4.2.5. Eflorescência

Tabela 11: Identificação dos elementos com eflorescência

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM EFLORESCÊNCIA	QUANT.	%
Pilares	P3, P6, P8, P13, P15, P20, P26, P27, P29, P31, P33, P34, P35, P36	14	38,89%
Vigas	V1, V2, V4, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16, V17, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V27, V28, V29, V30, V32, V33, V34, V35, V36, V38, V41, V43, V44, V45, V46, V47, V49, V50, V52, V55, V57, V58	45	77,59%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	15	93,75%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Intempéries

As águas de chuvas, que tem pouca concentração de sais, ao penetrar no concreto, provoca a dissolução dos sais presentes no material que posteriormente migram em direção à superfície. Ao considerar que a cidade de Macapá apresenta um grande volume de precipitação de chuva, principalmente no inverno, é provável que as águas da chuva penetraram a estrutura e provocaram eflorescência. Foram identificados vários elementos estruturais que apresentaram manchas esbranquiçadas típicas de eflorescência, como pode ser visto na imagem a seguir.

Figura 54: Laje L2 com manchas de eflorescência



Fonte: Própria (2023)

b) Umidade atmosférica

A condensação de umidade na superfície do concreto, é provocado por diferenças de temperatura. Essa umidade pode penetrar pelos poros do concreto e transportar os sais solúveis para a superfície, onde a água evapora e os sais se cristalizam, conforme a imagem abaixo.

Figura 55: Viga V8 com a superfície úmida e com manchas de eflorescência



Fonte: Própria (2023)

c) Porosidade do concreto

A porosidade do concreto facilita a penetração e absorção de água, que pode penetrar e se mover através do material. Concretos mais porosos têm uma maior quantidade de espaços vazios e, por consequência, tendem a ser mais suscetíveis à eflorescência, pois proporcionam mais caminhos para a migração dos sais até a superfície.

Figura 56: Viga V35 com manchas de eflorescência



Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

Para tratar o concreto com eflorescência pode-se seguir essas etapas:

- Limpeza do concreto para remover os sais;
- Secagem completa da estrutura;
- Impermeabilização da superfície;
- Aplicar revestimento de proteção.

4.2.6. Fissuras**Tabela 12:** Identificação dos elementos com fissuras

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM FISSURAS	QUANT.	%
Pilares	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P10, P12, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P23, P24, P26, P27, P28, P29, P30, P32, P33, P34, P35, P36	31	86,11%
Vigas	V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V14, V15, V16, V17, V18, V19, V20, V21, V22, V23, V24, V25, V26, V27, V28, V29, V30, V31, V32, V34, V35, V36, V37, V38, V40, V42, V44, V45, V48, V49, V50, V51, V52, V53, V55, V56, V57, V58	51	87,93%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	16	100%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Juntas de concretagem

Esses problemas foram identificados principalmente em encontros de vigas com o pilar, em que é possível notar fissuras típicas de juntas de concretagem (figura 57). Tipicamente, quando ocorre esse problema é identificado a presença de uma concentração de nata de cimento no encontro entre dois elementos diferentes.

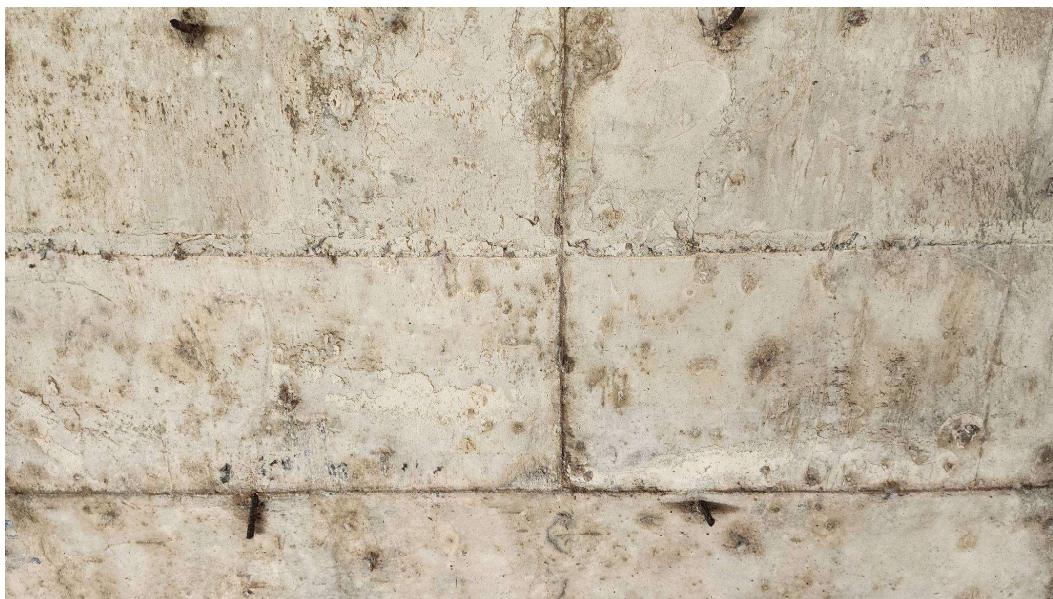
Figura 57: Fissuras no topo do pilar P35



Fonte: Própria (2023)

A movimentação das formas também pode contribuir para o surgimento de juntas de concretagem não previstas em projeto, conforme pode ser visto na figura 58. Nessas aberturas geralmente ocorre um acúmulo de tensões que podem agravar as fissurações e causar outras manifestações patológicas, como desagregação e deslocamento do concreto.

Figura 58: Juntas de concretagem resultante de movimentação de formas na altura média do pilar P10



Fonte: Própria (2023)

b) Processo de corrosão

O processo de corrosão das barras de aço provoca a expansão do material e consequentemente provoca o deslocamento da camada de cobertura. Antes de ocorrer a desagregação do concreto, é comum que a estrutura apresente fissuras longitudinais que acompanham o comprimento das armaduras. O fenômeno pode ser visto nas imagens a seguir.

Figura 59: Viga V7 com fissuras longitudinais típicas da expansão das armaduras provocado por corrosão

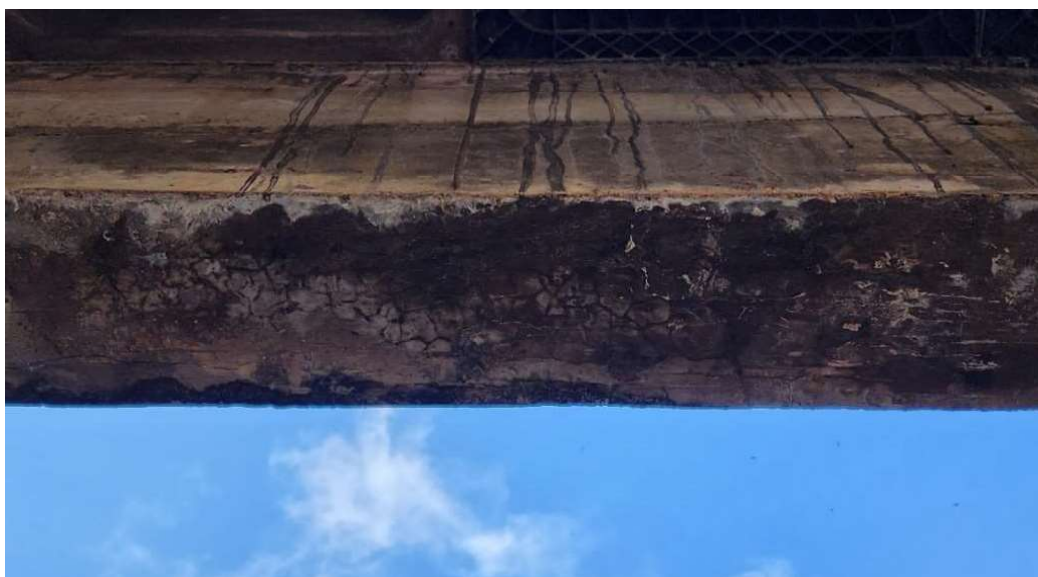


Fonte: Própria (2023)

c) Desagregação

O próprio processo de desagregação provoca o surgimento de fissuras no concreto. Essas fissuras são geralmente caracterizadas por um padrão de rachaduras que se interligam e formam uma rede na superfície ou no interior da estrutura, conforme visto na imagem abaixo.

Figura 60: Fissuras ramificadas na viga V30 típicas do processo de desagregação do concreto



Fonte: Própria (2023)

d) Desaprumo

O desaprumo de um elemento estrutural, ou seja, a falta de alinhamento, pode provocar concentração de tensões ou deformações que podem fissurar o concreto. Quando uma estrutura está desaprumada, as cargas aplicadas sobre ela geralmente não são distribuídas de maneira igual, o que provoca a criação de tensões internas que posteriormente são aliviadas por fissuras.

Figura 61: Viga V43 em desaprumo

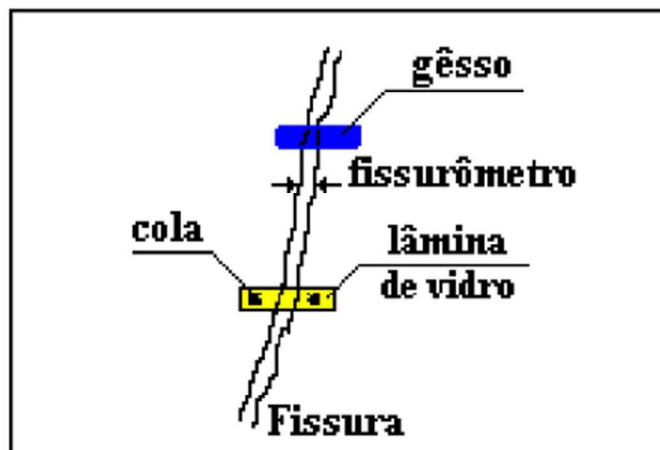


Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

Primeiramente, é importante constatar se a fissura é ativa ou passiva, ou seja, se existe a variação da abertura. Geralmente essa verificação é feita utilizando placas de gesso ou lâminas de vidro, conforme a figura 62. Essas placas são fixadas na abertura e após um tempo é verificado se ela se rompeu. Caso tenha rompido, significa que a fissura é ativa.

Figura 62: Verificação do tipo de fissura

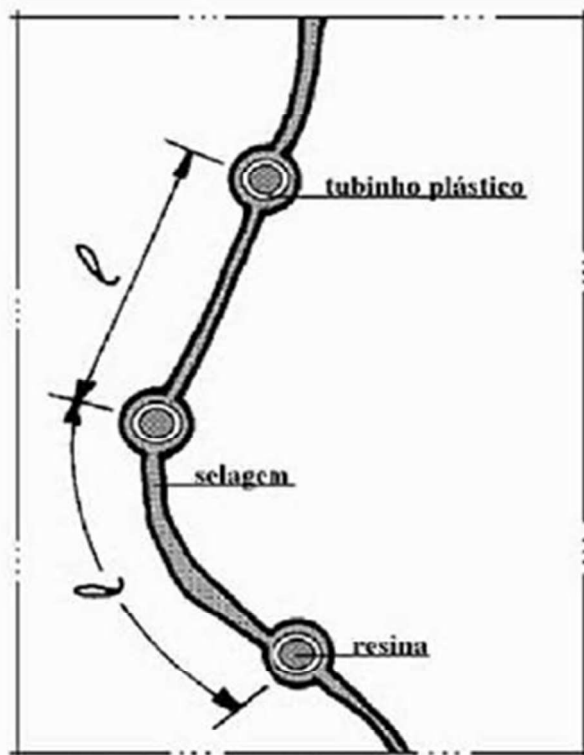


Fonte: PIANCASTELLI (1999)

Caso a fissura seja passiva, é possível tratar pelo método de injeção de resina, conforme etapas a seguir.

- Abertura dos furos ao longo do desenvolvimento das fissuras;
- Limpeza da fenda e dos furos com jatos de ar;
- Injeção de resina epóxi;
- Remoção dos tubos de plástico.

Figura 63: Preparação da fissura para o procedimento de injeção



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

4.2.7. Segregação

Tabela 13: Identificação dos elementos com segregação

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM SEGREGAÇÃO	QUANT.	%
Pilares	P5, P9, P11, P12, P13, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P25, P26, P30, P31, P32, P34, P35	19	52,78%
Vigas	V10, V14, V16, V23, V26, V27, V29, V31, V34, V35, V38, V43, V44, V45, V46, V47, V48, V49, V53, V54	20	34,48%
Lajes	L1, L4, L6, L7, L8, L9, L10, L13, L14, L15, L16	11	68,75%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Dimensão do agregado

A dimensão dos agregados graúdos pode afetar diretamente a concretagem e provocar a segregação. A diferença de tamanho pode fazer com que os agregados maiores se movam para a parte inferior do concreto durante o seu lançamento, causando a separação entre agregados de tamanhos diferentes, levando ao acúmulo dos agregados mais pesados na base e dos agregados mais leves na parte superior (figura 64).

Figura 64: Acúmulo de agregados graúdos na nervura da laje L7



Fonte: Própria (2023)

b) Taxa excessiva de armadura

A taxa alta de armadura, constatada em algumas peças, criam obstáculos que dificultam a distribuição uniforme dos agregados durante o lançamento do concreto. Isso resulta em concentrações desiguais de agregados ao redor das armaduras, o que provoca o aparecimento de vazios em áreas próximas às barras de aço. Essa concentração de armaduras longitudinais foi encontrada em alguns elementos estruturais, conforme pode ser visto na imagem a seguir.

Figura 65: Segregação provocada pela concentração de armaduras longitudinais nas vigas V48 e V29



Fonte: Própria (2023)

c) Erros de lançamento e adensamento

O método de lançamento do concreto, como o despejamento direto nas formas ou uso de tubos de queda, pode provocar a segregação, pois conforme a escolha do método de lançamento, é possível que haja mais agitação e movimento no concreto, o que aumenta o risco de segregação. Além disso, caso o concreto seja lançado a uma altura elevada, a própria atuação da gravidade durante a queda causa a separação entre o agregado graúdo e a pasta de cimento (figura 67). Do mesmo modo, erros de adensamento ou provocados por vibração excessiva podem resultar no surgimento de vazios de concretagem e a formação de bolhas na superfície do concreto (figura 66).

Figura 66: Segregação do concreto parte inferior da viga V46



Fonte: Própria (2023)

Figura 67: Segregação do concreto no meio do pilar P16



Fonte: Própria (2023)

d) Movimentação de formas e escoramento

Em situações em que o lançamento do concreto provoca o deslocamento das formas, pode ocorrer a fuga de nata pelas fendas, o que pode levar a formação de vazios nas peças concretadas e exposição dos agregados. Além disso, irregularidades nas superfícies podem fazer com que o concreto não preencha corretamente as formas. Esse processo ocorreu em alguns elementos estruturais, conforme as imagens a seguir.

Figura 68: Vazios de concretagem provocados pela movimentação de formas da viga V31



Fonte: Própria (2023)

Figura 69: Vazios de concretagem provocados pela movimentação de formas da viga V45

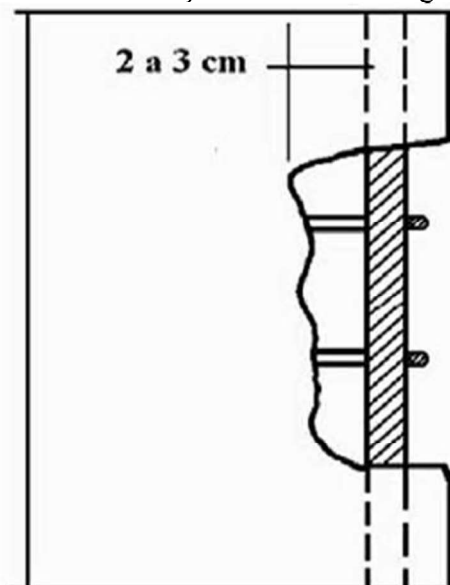


Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

- A recuperação de elementos com segregação pode ser feita conforme as etapas a seguir.
- Remover o concreto segregado até atingir a parte íntegra (figura 70);
 - Reconstituir a seção original:
 - a) Em casos de reparo superficial: utilizar argamassa polimérica ou epóxi;
 - b) Em casos de reparo profundos: utilizar argamassa polimérica a base cimento, graute a base cimento ou concreto;
 - Aplicação de revestimento de proteção.

Figura 70: Remoção do concreto segregado



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998)

4.2.8. Umidade

Tabela 14: Identificação dos elementos com umidade

TIPO DE ELEMENTO	ELEMENTO COM UMIDADE	QUANT.	%
Pilares	P4, P10, P11, P20, P22, P23, P27, P28, P29	9	25,00%
Vigas	V1, V2, V3, V4, V5, V7, V8, V9, V10, V12, V13, V16, V17, V18, V20, V22, V23, V24, V26, V27, V28, V33, V34, V35, V39, V41, V42, V43, V44, V46, V47, V49, V50, V51, V54, V55, V56, V57	38	65,52%
Lajes	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14, L15, L16	11	100%

Fonte: Própria (2024)

Diagnóstico:

a) Intempéries

As condições climáticas como alta umidade do ar e chuvas frequentes somadas ao concreto aparente da estrutura, sem qualquer tipo de impermeabilização ou sistema de vedação contribuem para o acúmulo de água na superfície do concreto. Essa umidade pode penetrar nos poros do concreto e causar infiltrações na estrutura (figura 71), que ataca diretamente o material provoca o surgimento de outras patologias, como a eflorescência e a corrosão das armaduras.

Figura 71: Laje L9 com manchas que indicam umidade



Fonte: Própria (2023)

b) Infiltração de Água

Identificou-se pontos na estrutura em que ocorre a infiltração de água por meio das juntas de dilatação que não foram seladas corretamente. Conforme discutido em seções anteriores, a exposição da estrutura às chuvas a tornou suscetível ao acúmulo de água, especialmente nas superfícies das lajes. Em diversos pontos, essa água conseguiu penetrar na estrutura e escorrer pelos vãos das juntas de dilatação, resultando na proliferação de bolores, na lixiviação de sais e na absorção da água pelos poros do concreto, conforme as imagens abaixo.

Figura 72: Infiltração de água pelas juntas de dilatação da viga V9 e pilar P10



Fonte: Própria (2023)

c) Umidade ascendente

A água da chuva acumulada na superfície tem o potencial de ser absorvida pelo concreto e percolar por ascensão capilar. Nesse processo, a água é absorvida pelos poros do concreto e se move verticalmente através deles devido à tensão superficial da água e provocam o surgimento de umidade ascendente na base de pilares. Essa umidade excessiva dentro da estrutura pode acelerar processos de deterioração do concreto, bem como criar um ambiente propício para o crescimento de microrganismos, como fungos e bolores, assim como ocorreu com os elementos estruturais que estão apresentados nas figuras a seguir.

Figura 73: Manchas de umidade ascendente na base do pilar P11



Fonte: Própria (2023)

Figura 74: Manchas de umidade e proliferação de vegetação na base do pilar P15



Fonte: Própria (2023)

Sugestão de tratamento:

- Limpeza da estrutura para retirar manchas, fungos e sais lixiviados;
- Secagem completa da estrutura;
- Selagem das juntas de dilatação;
- Impermeabilização da estrutura.

5 CONCLUSÃO

Ao longo desse estudo, foi possível ter uma visão abrangente das manifestações patológicas mais significativas que afetam as estruturas de concreto armado. A integração dos conceitos teóricos explorados durante a revisão da literatura somado a um estudo de caso prático revelou-se extremamente enriquecedora, pois permitiu não apenas identificar e compreender as diversas patologias presentes, mas também aplicar o conhecimento teórico de forma tangível.

Os objetivos delimitados no início desse estudo foram alcançados, pois durante a pesquisa foi possível analisar a estrutura da obra paralisada. O levantamento de dados possibilitou identificar as principais manifestações presentes na obra, e posteriormente, contribuiu para a discussão as possíveis causas para o surgimento dessas manifestações.

A análise dos dados revelou que as principais manifestações patológicas encontradas na estrutura foram: bolor, corrosão da armadura, desagregação, disgregação, eflorescência, fissuras, segregação e umidade. Notavelmente, observou-se que a incidência de bolores é praticamente generalizada em toda a estrutura, enquanto fenômenos como fissuras, corrosão da armadura e disgregação também têm alta ocorrência, seguido de eflorescência, umidade, segregação e desagregação que estão presente em uma parcela significativa dos elementos estruturais. Assim, os resultados obtidos corroboram com a hipótese inicial do trabalho, sugerindo que as manifestações patológicas são, predominantemente, resultado da exposição da estrutura às intempéries ou de falhas no processo construtivo.

Esses resultados destacam a importância de uma avaliação detalhada da condição da estrutura e apontam para a importância de implementar medidas corretivas adequadas para garantir sua segurança e durabilidade. Intervenções como reparo, reforço e impermeabilização são essenciais para mitigar os efeitos das manifestações patológicas identificadas e garantir a estabilidade e funcionalidade da estrutura como um todo.

Como limitações do estudo, destaca-se a dificuldade em ter acesso aos projetos e outras documentações relacionadas à obra. A ausência dessas documentações comprometeu a capacidade de realizar uma análise abrangente das manifestações patológicas relacionadas à incompatibilização de projeto ou à erros de execução. A falta de informações detalhadas dificultou a identificação precisa das possíveis causas das patologias encontradas, limitando a análise àquilo que pôde ser diretamente observado na estrutura existente.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros e aprofundamento dessa pesquisa, propõe-se:

- Analisar projetos, memorial descritivo e outras documentações, a fim de identificar possíveis erros de projeto ou incompatibilidades na execução;
- Investigar a qualidade e resistência do concreto por meio de ensaios destrutivos e não destrutivos;
- Elaborar planilha orçamentária para estimar o custo de recuperação da estrutura e avaliar a viabilidade financeira para a retomada das obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARANHA, P. M. S. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. Dissertação (Mestrado em Construção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. 242 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 14 p.
- BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão nº 2134/2023. Plenário. Relator: Ministro Vital do Rêgo, 18 out. 2023. Brasília: TCU, 2023. Disponível em: <<https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/redireciona/acordao-completo/ACORDAO-COMPLETO-2611264>>. Acesso em: 9 jan. 2024
- COPLAS. **Corrosão em armaduras: causas e métodos de prevenção**. 1 imagem. Disponível em: <<https://www.coplas.com.br/corrosao-em-armaduras-causas-e-metodos-de-prevencao/>>. Acesso em: 24 jan. 2024.
- CORSINI, R. Trinca ou fissura?. **Téchne: Revista de Tecnologia da Construção**, São Paulo, n. 160, p. 56-60, 2011.
- DAL MOLIN, D. C. C. **Fissuras em estruturas de concreto armado**: análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. 1988. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.
- FERREIRA, R. **Concreto nas primeiras idades**. Apresentação de PowerPoint (Notas de aula) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, [s.d.]. 1 imagem. Disponível em: <https://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivosUpload/15030/material/puc_ma_co2_09_concreto-fresco.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024
- FIGUEROLA, V. Vazios de concretagem. **Téchne: Revista de Tecnologia da Construção**, São Paulo, n. 109, 2006.
- FRANÇA, A. A. V.; MARCONDES, C. G. N.; ROCHA, F. C.; MEDEIROS, M. H. F.; HELENE, P. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. **Téchne: Revista de Tecnologia da Construção**, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.
- FRISCHATAK, C R. **Impacto econômico e social da paralisação das obras pública**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria e da Construção - CBIC, 2018.
- GARCIA, C. C. **Incidências patológicas no subsistema estrutura de edifícios habitacionais na região de São Carlos/SP**. 1999. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

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

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao Estudo da Corrosão em Armaduras de Concreto Armado**. Tese de Livre Docência. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. *In*: ISAIA, G. (org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 905-944.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS. **IBAPE-MG 003**: Norma de vistoria cautelar. Minas Gerais: IBAPE-MG, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022 - Panorama**. Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>>. Acesso em: 19 dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e Estados do Brasil**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 19 dez. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos Climatológicos (1990-2020)**. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/NormaisClimatologicas/1961-1990>>. Acesso em: 19 dez. 2023.

JUNIOR, G. C. S. *et al.* Reparo das estruturas de concreto armado com corrosão das armaduras. **Semana Nacional de Ciência e Tecnologia 2018**, Mineiros, 2018. 1 imagem. Disponível em: <https://www.unifimes.edu.br/filemanager_uploads/files/documentos/semana_universitaria/xi_ii_semana/trabalhos_aprovados/tecnologia_sustentabilidade/artigos/REPARO%20DAS%20ESTRUTURAS%20DE%20CONCRETO%20ARMADO%20COM%20CORROS%C3%83O%20DAS%20ARMADURAS.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2024.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2003.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LICHTENSTEIN, N, B. **Patologia das construções**. 1986. Boletim Técnico N° 06/86 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

MELO, A. C. de A. **Estudo das manifestações patológicas nas marquises de concreto armado do Recife**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

NASCIMENTO, R. G. Avaliação de riscos estruturais. Apresentação de PowerPoint (Curso de capacitação). Espírito Santo, [s.d.]. 1 imagem. Disponível em: <<https://defesacivil.es.gov.br/Media/DefesaCivil/Capacitacao/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Risco%20Estrutural.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2024

NOGUEIRA, C. L. **Auditoria de qualidade de obras públicas**. São Paulo: PINI, 2008.

PEREIRA, L. M. **Avaliação das patologias e da biodeterioração na biblioteca central da UFSM**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia e Terapia das Estruturas: Sintomas e Causas das Enfermidades**. 1999. Apostila (Material didático ou instrucional) – Universidade Federal de Minas Gerais, 1999.

PINHEIRO, I. **Manifestações Patológicas Nas Estruturas De Concreto**. 1 imagem. Disponível em: <<https://inovacivil.com.br/manifestacoes-patologicas-nas-estruturas-de-concreto/>>. Acesso em: 31 jan. 2024.

PINHEIRO, M. R. A.; SILVA, E. I.; FLORENCIO, L. A. Considerações a respeito das principais manifestações patológicas em pontes de concreto armado na cidade de Recife. **3º Simpósio Paranaense de Patologia das Construções (3º SPPC)**, Curitiba, ISSN 2526-7248 artigo n. 3SPPC1020, p. 220-232, 2018. Disponível em: <<https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2526-7248.020>>. Acesso em: 21 jan. 2024.

PORTAL AECweb. **Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos**. 1 imagem. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos/6412>>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 1. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SOUZA, V. C. M. S.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: PINI, 1998.

TAVARES, J. P. N. Características Da Climatologia De Macapá-Ap. **Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 15, n. 50, p. 138–151, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.14393/RCG155026031>>. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26031>>. Acesso em: 19 dez. 2023.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: IPT/EPUSP/PINI, 1989.

TOMAZELI, A. **Diretrizes para a inspeção, análise e aceitação de concreto em estruturas de edifícios habitacionais com obras paralisadas**. 2017. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Construção de Edifícios) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2017.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). Acompanhamento de Obras Paralisadas. Brasília, 2024. Disponível em: <<https://paineis.tcu.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2024.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Fiscobras 2023**: Fiscalização de Obras Públicas. Brasília: TCU, 2023. Disponível em:<<https://portal.tcu.gov.br/fiscobras.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2024

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Obras Públicas**: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas. 4. ed. Brasília: TCU, 2014.

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

ANEXO A

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NOS PILARES																	
	BO	CO	DE	DI	EF	FI	SG	UM		BO	CO	DE	DI	EF	FI	SG	UM
P1	X			X		X			P19	X	X		X		X	X	
P2	X	X	X	X		X			P20	X	X	X	X	X	X	X	X
P3	X	X		X	X	X			P21	X	X	X	X		X	X	
P4				X		X		X	P22	X	X	X	X		X		X
P5	X	X				X	X		P23	X	X		X		X		X
P6	X				X	X			P24				X		X		
P7	X	X	X	X		X			P25	X	X		X			X	
P8	X				X				P26	X	X		X	X	X	X	
P9	X	X		X		X	X		P27	X	X		X	X	X		X
P10	X	X	X	X		X		X	P28	X	X		X		X		X
P11	X						X	X	P29	X				X	X		X
P12	X	X	X	X		X	X		P30	X			X		X	X	
P13	X				X		X		P31	X		X		X		X	
P14	X	X	X	X		X			P32	X	X		X		X	X	
P15	X	X	X	X	X	X	X		P33	X	X		X	X	X		
P16	X	X	X	X		X	X		P34	X			X	X	X	X	
P17	X	X		X		X	X		P35	X	X	X	X	X	X	X	
P18	X					X	X		P36	X				X	X		

