



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ÉDER VINÍCIUS DO CARMO LOBATO

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO - ESTUDO DE CASO: MACAPÁ HOTEL**

MACAPÁ-AP

2024

ÉDER VINÍCIUS DO CARMO LOBATO

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO - ESTUDO DE CASO: MACAPÁ HOTEL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Amapá, Campus Marco Zero, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.

MACAPÁ-AP

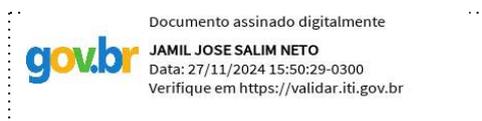
2024

ÉDER VINÍCIUS DO CARMO LOBATO

**ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO - ESTUDO DE CASO: MACAPÁ HOTEL**

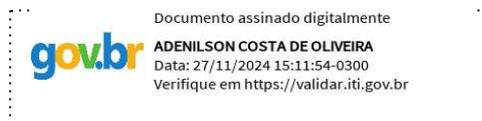
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil.

Macapá, 21 de novembro de 2024.



Coordenação do Curso

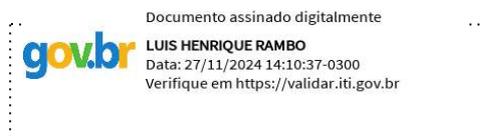
Banca examinadora



Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira

Orientador

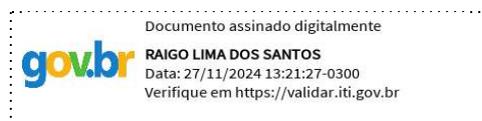
Universidade Federal do Amapá – UNIFAP



Prof. Me. Luís Henrique Rambo

Examinador Interno

Universidade Federal do Amapá – UNIFAP



Engenheiro Civil Raigo Lima dos Santos

Examinador Externo

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

L796a Lobato, Éder Vinícius do Carmo.

Análise das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado - Estudo de caso: Macapá Hotel / Éder Vinícius do Carmo Lobato. - Macapá, 2024.
1 recurso eletrônico. 73 folhas.

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

Orientador: Adenilson Costa de Oliveira.

Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.

Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Manifestações patológicas . 2. Esclerometria . 3. IBAPE. I. Oliveira, Adenilson Costa de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá . III. Título.

CDD 23. ed. – 624.1834

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me dado forças para chegar até aqui com sabedoria, calma e determinação

Aos meus Pais Edfran Lobato e Marlucci Bacelar por serem presentes e abrirem mão de muitas coisas em suas vidas pra me dar conforto e estabilidade para me manter. Ambos são respeitados por diversas pessoas ao redor deles, assim como pretendo ser um dia.

A minha companheira Anne Miranda, por ser forte e estar ao meu lado de todas as formas possíveis me incentivando.

Aos meus colegas de turma Arthur Belo e Alessandra Aguiar por compartilharem momentos de diversão e parceria ao longo do curso.

As minhas melhores amigas, parceiras de tudo, Caroline Absalão e Isabela Rodrigues, por me aturarem durante todo o curso e ainda assim dividir comigo um trio que se fortaleceu fazendo trabalhos, aumentando os laços e sendo as pessoas mais importantes para mim durante o curso, por quem tenho cuidado e carinho imenso até o fim.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil por compartilharem seus conhecimentos, com agradecimento especial ao Professor, orientador e parceiro Adenilson Oliveira, por compartilhar comigo parcela do conhecimento técnico, experiência de vida e conhecimento teórico, particularmente sou fã de todo trabalho que fazes e espero continuar tal parceria, gostaria de agradecer também ao presente coordenador e professor Jamil Salim, por criar laços e me incentivar querendo o melhor para mim como profissional, cedendo espaço físico junto ao professor Adenilson para que eu pudesse trabalhar, estudar e produzir sobretudo este tcc na sala de coordenação do curso.

RESUMO

Estruturas antigas, consideradas patrimônio cultural e cartões-postais, são comuns em diversas cidades ao redor do mundo. Muitas dessas construções, agora em desuso ou abandonadas, estão suscetíveis a manifestações patológicas que podem comprometer seu desempenho, durabilidade e conforto visual. Este estudo foca no Macapá Hotel, um prédio histórico construído na década de 1940 e ampliado em 1982, que ficou abandonado nos últimos quatro anos, sofrendo com a falta de manutenção e o conseqüente aparecimento de patologias. O objetivo do estudo é analisar essa edificação histórica, identificar as anomalias presentes e discutir suas possíveis causas, abordando também o grau de risco e propondo soluções para o tratamento dessas manifestações patológicas. Para isso, a metodologia inclui uma pesquisa descritiva com revisão bibliográfica para fundamentação teórica e adaptação do leitor aos resultados, além de um levantamento de campo que permitirá a inspeção visual e a realização de ensaios não destrutivos, como a Esclerometria. Os conceitos e classificações seguirão a norma de inspeção predial do IBAPE (2012), que serve como base para a inspeção predial e avaliação do grau de risco apresentados neste trabalho. Os resultados obtidos serão discutidos com base, principalmente, na dissertação de Carballal Junior (2019), que aborda as manifestações patológicas mais comuns em edificações com mais de cinco anos, coincidindo com as observadas no Macapá Hotel, como corrosão e exposição de armaduras, segregação do concreto e problemas com umidade. A organização dos dados se dará em tabelas para facilitar a leitura, além de apresentar os resultados dos ensaios não destrutivos, que indicam elementos com boa resistência à compressão, todos acima de 20 MPa, embora alguns apresentem pH abaixo do desejado.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Esclerometria. IBAPE.

ABSTRACT

Old structures, considered cultural heritage and postcards, are common in various cities around the world. Many of these constructions, now disused or abandoned, are susceptible to pathological manifestations that can compromise their performance, durability, and visual comfort. This study focuses on the Macapá Hotel, a historic building constructed in the 1940s and expanded in 1982, which has been abandoned for the past four years, suffering from lack of maintenance and the consequent appearance of pathologies. The objective of the study is to analyze this historic building, identify the present anomalies, and discuss their possible causes, also addressing the risk level and proposing solutions for treating these pathological manifestations. To this end, the methodology includes a descriptive research with a bibliographic review for theoretical foundation and reader adaptation to the results, as well as field surveys that will allow visual inspection and the realization of non-destructive tests, such as Sclerometry. The concepts and classifications will follow the IBAPE (2012) building inspection standard, which serves as a basis for the building inspection, inspection level, and risk assessment presented in this work. The results will be discussed mainly based on the dissertation by Carballal Junior (2019), which addresses the most common pathological manifestations in buildings over five years old, coinciding with those observed at the Macapá Hotel, such as corrosion and exposure of reinforcements, concrete segregation, and moisture problems. The data will be organized in tables for easier reading, in addition to presenting the results of non-destructive tests, which indicate elements with good compressive strength, all above 20 MPa, although some elements have a pH below the desired level.

Keywords: Pathological manifestations. Sclerometry. IBAPE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Armaduras que sofreram processo de corrosão em uma laje do Macapá Hotel.	26
Figura 2: Danos causados no concreto pela corrosão do aço.	27
Figura 3: Célula de corrosão do concreto armado.	27
Figura 4: Deslocamento em pé de pilar externo da fachada do Macapá Hotel.	28
Figura 5: Segregação em uma viga do primeiro pavimento do Macapá Hotel.	29
Figura 6: Bolor em uma parede do terceiro andar do bloco anexo.	30
Figura 7: Bolor em uma laje exposta ao ambiente externo.	31
Figura 8: Seção transversal do esclerômetro.	32
Figura 9: Localização cartográfica de Macapá-AP.	35
Figura 10: Localização do terreno do objeto de inspeção.	35
Figura 11: Início da construção da alvenaria de vedação do segundo piso.	36
Figura 12: Início da alvenaria de vedação do térreo.	37
Figura 13: Pessoas aproveitando o antigo Macapá Hotel.	37
Figura 14: Fachada original do hotel.	38
Figura 15: Placa de obra da reforma de 1982.	38
Figura 16: Localização da edificação.	40
Figura 17: Fachada pós reforma e ampliação em 82.	41
Figura 18: Esclerometria em pilar externo.	42
Figura 19: Pedra abrasiva utilizada para lixar a superfície dos elementos.	43
Figura 20: Amostra de fenolftaleína cedida pelo colegiado de química.	44
Figura 21: Fenolftaleína aplicada em pilar externo para teste.	45
Figura 22: Fluxograma de atividades realizados neste trabalho.	46
Figura 23: Entreforro do primeiro pavimento do bloco 01.	48
Figura 24: Destacamento do revestimento (pintura).	49
Figura 25: Segregação de uma viga da sala de jogos.	49
Figura 26: Lajes com armadura exposta no térreo do bloco 01.	50
Figura 27: Laje com instalações inadequadas.	52
Figura 28: Manifestações patológicas em um banheiro e no corredor.	52
Figura 29: Laje com grau de risco crítico.	54
Figura 30: Laje presente no vestiário com exposição de armadura.	55
Figura 31: Laje do vestiário com exposição de armadura e tubulações inadequadas.	56
Figura 32: Laje com perda da pintura e presença de umidade.	57

Figura 33: Perda de revestimento e infiltração por umidade.....	58
Figura 34: Presença de umidade, armadura quebrada e tubulações inadequadas na laje de um banheiro	58
Figura 35: Presença grande de umidade no corredor do pavimento 03.....	59
Figura 36: Presença de uma planta devido a proliferação de material orgânico	60
Figura 37: Laje com perda de revestimento em função da umidade excessiva.....	61
Figura 38: Presença de umidade e deterioração de uma laje.....	61
Figura 39: Marcação do ensaio de esclerometria.	63
Figura 40: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (pilares) – Bloco principal – Térreo	64
Figura 41: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (vigas e lajes) - Bloco principal – 2º	64
Figura 42: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (Pilares) - Bloco anexo – Térreo	64
Figura 43: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (Pilares) - Bloco anexo – 2º Piso	65
Figura 44: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e PH do concreto (Pilares) - Bloco anexo – 3º Piso	65
Figura 45: Marcação do ensaio de esclerometria em uma laje.....	67
Figura 46: Marcação do ensaio de esclerometria em uma viga.....	67
Figura 47: Vista geral da estrutura catalogada e com a escala de cores conforme grau de risco.	68

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1: Porcentagem de incidência das manifestações patológicas no bloco principal. 53
- Gráfico 2: Porcentagem de incidência das manifestações patológicas no bloco principal. 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites de fissuras conforme a NBR 6118/2023.	25
Tabela 2: Checklist utilizado para organizar as anomalias.....	45
Tabela 3: Manifestações patológicas mais recorrentes em edifícios com mais de 5 anos de idade.	47
Tabela 4: Checklist salão de jogos.	48
Tabela 5: Checklist pavimento superior do bloco 01 (locais indicados).	51
Tabela 6: Checklist pavimento térreo do bloco 02.....	55
Tabela 7: Checklist pavimento dois do bloco 02.....	57
Tabela 8: Checklist pavimento três do bloco 02.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAA – Classe de Agressividade Ambiental

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias

IFAP – Instituto Federal do Amapá

UNIFAP – Universidade Federal do Amapá

VU – Vida útil

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVA	16
1.3	PROBLEMA.....	17
1.4	HIPÓTESE	17
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	19
2.1.1	Desempenho, Durabilidade E Vida Útil	19
2.1.2	Sintomatologia	20
2.2	INSPEÇÃO PREDIAL	21
2.2.1	Níveis De Inspeção	21
2.2.2	Grau De Risco	22
2.3	FALHA, ANOMALIA E CLASSIFICAÇÃO	22
2.3.1	Origem Das Manifestações Patológicas	23
2.3.2	Causas Das Manifestações Patológicas	23
2.4	PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	24
2.4.1	Fissuras	24
2.4.2	Corrosão De Armaduras	25
2.4.3	Desagregação Do Concreto	27
2.4.4	Segregação Do Concreto	28
2.4.5	Bolor E Fungos	29
2.5	ENSAIO DE ESCLEROMETRIA	31
2.6	VERIFICAÇÃO DO PH COM FENOLTALÉINA	32
3.	METODOLOGIA	33
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	33
3.2	DO OBJETO DA INSPEÇÃO	34
3.2.1	Identificação	34
3.2.2	Histórico Da Edificação	36
3.2.3	Caracterização Da Edificação	39
3.3	ATIVIDADES DA INSPEÇÃO PREDIAL	41
3.3.1	Dos Critérios Utilizados	41

3.3.2	Ensaio De Esclerometria	42
3.3.3	Ensaio Com Fenolftaleína	44
3.4	INSPEÇÃO, CARACTERIZAÇÕES E POSSÍVEIS SOLUÇÕES.....	45
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO BLOCO 01	47
4.1.1	Manifestações Patológicas Encontradas No Térreo	48
4.1.2	Manifestações Patológicas Encontradas No Pavimento Superior	51
4.2	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO BLOCO 02	53
4.2.1	Manifestações Patológicas Encontradas No Pavimento Térreo	54
4.2.2	Manifestações Patológicas Encontradas No Segundo Pavimento	56
4.2.3	Manifestações Patológicas Encontradas No Terceiro Pavimento	59
4.3	ENSAIOS COMPLEMENTARES DE ESCLEROMETRIA E FENOLFTALEÍNA .	62
4.4	RESUMO DOS RESULTADOS E POSSÍVEIS APLICAÇÕES DA ESTRUTURA CATALOGADA	68
4.4.1	Possíveis Soluções Frente As Manifestações Patológicas Em Geral	69
5.	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1. INTRODUÇÃO

As construções desempenham um papel vital nas atividades humanas, seja para habitação, comércio ou indústria. Desde os primórdios da civilização, a humanidade busca construir estruturas que atendam às suas necessidades básicas, resultando em avanços significativos na infraestrutura, moradias e locais de trabalho. Independentemente de seu propósito, é essencial que essas edificações proporcionem um desempenho que satisfaça as exigências e expectativas de seus ocupantes (GONÇALVES, 2015).

Até a década de 70, no Brasil, a prática de realizar manutenções periódicas para prolongar a vida útil das estruturas era pouco difundida, e predominava a substituição de estruturas antigas por novas. Porém, com a crise econômica global da década de 70, ocorreu uma mudança de mentalidade. Houve um aumento na preocupação com a durabilidade e a vida útil das edificações, impulsionado pela necessidade de reduzir custos. Apesar dessa nova abordagem focada na longevidade e desempenho das estruturas, ainda era comum encontrar edificações cujo desempenho não correspondia às expectativas (MELO, 2011).

Nesse sentido, frente a possíveis problemas relacionados as edificações, a patologia das estruturas é um ramo da Engenharia cujo foco são as causas, manifestações, consequências e mecanismos de falhas e degradação das estruturas. Tradicionalmente, o ensino da engenharia estava centrado no projeto e construção de novas estruturas, o Brasil inclusive teve sua primeira norma a respeito de estruturas de concreto na década de 40. No entanto, a crescente necessidade de reabilitar e manter estruturas existentes, devido a motivos econômicos, sociais, patrimoniais ou históricos, levou ao desenvolvimento de uma nova perspectiva. Essa abordagem enfatiza a avaliação da capacidade de desempenho futuro das estruturas existentes, considerando aspectos de segurança, funcionalidade e vida útil (SOUZA; RIPPER, 1998).

Sob essa linha de raciocínio, a Inspeção Predial serve como uma ferramenta de avaliação que busca examinar o estado de uma edificação. Isso envolve pontos como o desempenho, vida útil, segurança, conservação, manutenção e operação, levando em consideração também as expectativas dos usuários do local (NEVES, BRANCO, 2009). De acordo com a norma de Inspeção Predial Nacional, desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE, 2012), as inspeções fornecem orientações técnicas essenciais para a correção, manutenção e aprimoramento dos sistemas e elementos construtivos.

Com base no mencionado, este trabalho se fundamenta nos conceitos essenciais do estudo das patologias em estruturas de concreto. Ele explora a análise e a identificação de problemas patológicos, compreendendo os mecanismos que afetam a qualidade e a durabilidade

dessas estruturas. Serão discutidas e explicadas no referencial teórico as manifestações patológicas mais frequentes em estruturas de concreto armado, as principais causas desses problemas e propostas de soluções para a recuperação das estruturas.

Por fim, todo o embasamento bibliográfico e normativo acerca de inspeção predial junto aos conceitos de patologia das construções, serão aplicados no estudo de caso deste trabalho, que é o Macapá Hotel, prédio histórico na cidade de Macapá-AP, o qual teve um grande período de destaque entre os anos de 1940 e 1990, aproximadamente, sendo o primeiro empreendimento no quesito hotelaria, embora também o local tenha tido alguns outros usos que atraíam os moradores na época citada.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar o grau de comprometimento das estruturas de concreto armado do Macapá Hotel (antigamente denominado Novotel Macapá) em seu estado atual após anos de desuso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma inspeção visual com o objetivo de identificar as principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado;
- Identificar os principais mecanismos de deterioração de estruturas de concreto armado a partir da análise inicial;
- Associar o estado atual da estrutura a um grau de risco conforme o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias (IBAPE);
- Apresentar alternativas de reparos aos danos encontrados à estrutura de modo geral.

1.2 JUSTIFICATIVA

Um local histórico que carrega grandes memórias para parte da população da capital do Amapá, tido como cartão-postal, local que recebeu presenças ilustres como Roberto Carlos e outros importantes nomes da história do século passado, não merece estar na condição de abandono e muito menos sem utilização alguma. A reforma do Mercado Central, em frente à

Fortaleza de São José, aumentou a frequência de visitação e é um local com a importância devida dentro da história de Macapá.

Além disso, como o local passou 4 anos descuidado de forma geral e abandonado, comumente podem tornar-se pontos de criminalidade e vulnerabilidade social, podendo ser ocupadas por moradores de rua, usuários de drogas, a própria proliferação de anomalias e também o maior perigo para a sociedade: servir de abrigo para criminosos.

Dessa forma, como há a proposta de requalificação do prédio, o estudo surge como uma ferramenta de análise e discussões a respeito da possibilidade de utilização, sendo uma alternativa para a empresa que executará a obra de um olhar de inspeção predial, estudo que é único e exclusivo para o local e análise de desempenho atual.

1.3 PROBLEMA

A cidade de Macapá vem sendo palco de uma disputa política nos últimos dois anos que até hoje trouxeram benefícios no que tange a obras. Nesse sentido, alguns locais com certo valor histórico passaram por reformas, como o Mercado Municipal De Macapá, a antiga Residência Oficial do Governador – a qual atualmente está passando por requalificação, além de outras obras.

Tratando-se agora do objeto de estudo, o Macapá Hotel é um prédio histórico com grande valor social, pois foi o ponto mais importante da cidade durante um bom período. Fito a este fato, já que o local se encontra em processo para ser requalificado, ou seja, ser reformado para exercer outra função, que no caso foi anunciado pelo Governo do Amapá recentemente como HUB de Inovações como principal uso, um espaço que receberá diversos trabalhadores e empresas, nas instalações do antigo hotel.

Com isso, a problemática deste estudo é caracterizada pelo seguinte fato: identificar qual o grau de deterioração da estrutura como um todo do que será possível de catalogar, além de verificar o nível das anomalias encontradas na edificação após anos de desuso.

1.4 HIPÓTESE

A principal hipótese deste estudo é de que as patologias identificadas no prédio do Macapá Hotel em sua maioria podem decorrer de dois principais fatores: a exposição prolongada da estrutura às intempéries e falhas na etapa de execução da obra.

O local que já é antigo ficou aproximadamente quatro anos sem qualquer uso e manutenção, sujeito a ação de diversos fatores como ventos, chuvas fortes, além de ter sido invadido algumas vezes, deixando portas e janelas abertas e permitindo a entrada de umidade por um grande período.

Ademais, a provável falta de qualidade na execução, que é um problema comum sobretudo em obras antigas, apesar do controle da época, podem incluir falhas na pasta de cimento, lançamento do concreto inadequado, não vibração e adensamento correto, entre outros. Nesse sentido, esse conjunto de fatores pode ter levado a determinados problemas na edificação que necessitam de uma avaliação, principalmente pelo fato de que ela receberá uma nova utilização (requalificação).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PATOLOGIA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

Segundo Helene (1992), a patologia pode ser definida como a área responsável pelo entendimento dos sintomas, mecanismos, causas e origens das anomalias encontradas nas construções. Analogamente ao comportamento do corpo humano, uma construção também tem sua avaliação de manifestações patológicas. Um osso pode ser como um elemento estrutural, musculatura como alvenaria e o sistema circulatório como as instalações complementares (elétrica, esgoto...) e o sistema respiratório como sistema de ventilação (FRANÇA et al., 2011).

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 circulatório 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 origens dos problemas construtivos (HELENE, 1992).

2.1.1 Desempenho, Durabilidade e Vida útil

A NBR 6118 – Projeto de Estrutura de Concreto Armado – Procedimento (ABNT, 2023), estabelece que o desempenho em serviço é a habilidade de uma estrutura manter-se totalmente utilizável ao longo de sua vida útil, sem apresentar danos que prejudiquem parcial ou totalmente o propósito para o qual foi projetada. Já a norma de desempenho NBR 15575 “Edificações habitacionais – desempenho” (2013), define o desempenho sendo o comportamento de um edifício e sistemas ao longo do uso.

Nesse sentido, vale ressaltar que a durabilidade de uma estrutura está diretamente relacionada ao seu desempenho. Com efeito, a durabilidade das estruturas de concreto é

influenciada por diversos fatores, incluindo as etapas de projeto, seleção de materiais, preparação do concreto, execução da estrutura e manutenções preventivas e corretivas (CARBALLAL JUNIOR, 2019). De acordo com a NBR 15575 (2013), complementando o parágrafo anterior, a durabilidade é a capacidade de um edifício ou de seus sistemas de manter suas funções ao longo do tempo, sob condições especificadas de uso e manutenção, até atingir um estado limite de utilização.

Já a NBR 6118 (2023) define a durabilidade como a habilidade da estrutura de resistir às influências ambientais previstas e determinadas pelo projetista estrutural e pelo cliente, no início dos trabalhos. Além disso, segundo a norma, as estruturas de concreto devem ser projetadas para preservar sua segurança, estabilidade e funcionalidade durante o período correspondente à sua vida útil.

Nessa perspectiva, a vida útil, segundo a NBR 15575 (2013), é o período durante o qual as edificações podem sustentar as atividades para as quais foram projetadas e construídas. Diversos fatores influenciam diretamente na vida útil de uma edificação, como manutenções, alterações climáticas e mudanças no entorno da construção. Assim, o valor final da vida útil será determinado pela combinação desses fatores com o valor teórico calculado como vida útil de projeto (VUP). Fito a este fato, a NBR 6118 (2023) define a VUP como aquele período cujas características das estruturas de concreto são mantidas sem intervenções de grande escala, tudo isso dentro requisitos respeitados e atendidos de uso e manutenção.

2.1.2 Sintomatologia

De acordo com Brito (2017), a sintomatologia analisa os sinais presentes na construção para estabelecer um diagnóstico. As manifestações patológicas apresentam características específicas dependendo de sua origem, do local em que forem constatadas e de sua configuração, permitindo assim o estudo dos sintomas dos problemas e a identificação de possíveis causas, consequências e soluções.

A análise dos indícios e o diagnóstico das manifestações são possíveis através da coleta de dados dos locais tratados, utilizando registros fotográficos, amostras e inspeções visuais. Dessa forma, identifica-se os sintomas e a intensidade da anomalia presente. Tal análise deve ser baseada em conhecimentos científicos e técnicos sobre os dados registrados (TUTIKIAN; PACHECO, 2013).

2.2 INSPEÇÃO PREDIAL

De acordo com a norma ABNT NBR 16747 (2020), a inspeção predial é definida como um processo pelo qual é feito um controle da edificação no que tange a gestão e diagnóstico. Diante disso, é uma ferramenta essencial na chamada engenharia diagnóstica, visto que é por ela que se faz o controle e os meios responsáveis pela segurança e bom desempenho de uma edificação.

É evidente, portanto, que essa categoria de atividade da engenharia seja regularmente exercida com a finalidade de amenizar quaisquer avarias que possam ocorrer de natureza que prejudiquem o desempenho da construção. Nesse sentido, tal frequência deve acontecer obedecendo as normas vigentes da cidade em questão, principalmente.

Em conformidade com o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias (IBAPE), a inspeção predial é uma ferramenta a qual viabiliza a avaliação geral de uma edificação de forma qualitativa, ou seja, dividindo as manifestações patológicas presentes em concomitância com o grau de risco, origem e até mesmo medidas mitigatórias dentro de técnicas validadas.

2.2.1 Níveis de inspeção

De acordo com o IBAPE (2012), os níveis de inspeção são classificados de maneira objetiva no que se refere à facilidade da realização dos orçamentos dos serviços e da classificação do quão complexo e trabalhoso pode ser uma inspeção. Diante disso, o Instituto, em sua Norma de Inspeção Predial (2011), distingue em 3 as tipologias de inspeção, sendo eles os seguintes:

- Nível 1 – Identificação das anomalias e falhas presentes e aparente, elaborada por profissional habilitado.
- Nível 2 – Vistoria para a identificação de anomalias e falhas aparentes eventualmente identificadas como o auxílio de equipamentos e/ou aparelhos, bem como análises de documentos técnicos específicos, consoante à complexidade dos sistemas construtivos existentes.
- Nível 3 – Equivalente aos parâmetros definidos para a inspeção de NÍVEL 2, acrescida de auditoria técnica conjunta ou isolada de aspectos técnicos, de uso ou manutenção predial empregada no empreendimento, além de orientações para melhoria e ajuste dos procedimentos existentes no plano de manutenção.

2.2.2 Grau de risco

Segundo o IBAPE (2012), a avaliação do grau de risco de uma anomalia ou falha deve ser sempre fundamentada, levando em conta os limites e níveis da Inspeção Predial realizada, bem como o risco potencial aos usuários, ao meio ambiente e ao patrimônio. Das classificações, dividem-se em:

- Crítico: Corresponde a situações que podem causar danos à saúde e segurança das pessoas e ao meio ambiente. Esse tipo de falha pode resultar em paralisações devido à falta de desempenho e funcionalidade, além de aumentar os custos de manutenção e comprometer a vida útil da edificação.
- Médio: Envolve a perda parcial do desempenho e da funcionalidade da edificação, sem afetar diretamente a atividade dos sistemas. Isso pode levar a uma degradação prematura dos materiais.
- Mínimo: Refere-se a pequenos danos estéticos ou atividades programadas e planejadas, sem risco de evoluir para problemas críticos ou médios, e sem impactar o valor de mercado do imóvel.

2.3 FALHA, ANOMALIA E CLASSIFICAÇÃO

De maneira geral, segundo a ABNT NBR 16747 (2020), falhas são assim designadas quando ocorre perda de desempenho de um elemento, um sistema geral ou parte dele em função do uso e/ou ocupação e manutenção. Tal norma também define anomalia como indicador de irregularidade, sendo dividida normativamente nos seguintes tópicos principais: Endógena, Exógena e Funcional. A primeira refere-se a perda de desempenho em fase de projeto e/ou execução; já a segunda relaciona-se a acontecimentos advindos de terceiros à edificação. Por fim, a última relaciona-se ao desgaste da estrutura em função do término da vida útil, perdendo desempenho. Nesse sentido, o IBAPE (2012) fez a seguinte classificação do grau de risco de falhas e anomalias:

- Crítico: Riscos de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações; aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação; comprometimento sensível de vida útil.

- Médio: Risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação e a sua deterioração precoce, sem prejuízo à operação direta de sistemas.
- Mínimo: Risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário da edificação.

2.3.1 Origem das manifestações patológicas

Manifestações patológicas são usualmente consequências de certas ações errôneas dentro da execução de uma obra que podem ocorrer dentro das 3 etapas da construção civil (planejamento, projeto e materiais de execução e utilização) (FERREIRA, 2013) (DOS SANTOS et. Al., 2017).

Ainda na fase de execução, os problemas patológicos começam a se manifestar. Durante a utilização da estrutura, esses problemas podem surgir mais claramente. Entretanto, alguns problemas, como reações álcali-agregado, podem demorar anos para se manifestar (HELENE, 1992).

2.3.2 Causas das manifestações patológicas

Analisar uma estrutura de concreto com problemas patológicos exige a compreensão da causa da deterioração. Dito isso, é primordial entender o porquê ocorreu e como progrediu determinada manifestação patológica, para determinar e aplicar o tratamento mais apropriado. Além de ajudar na definição dos reparos, entender as causas garante que, após restaurada, a estrutura não volte a apresentar problemas (SOUZA E RIPPER, 1998).

Para definir as causas de uma patologia, é imprescindível a fase de se conhecer os agentes que assolam uma construção. Dessa maneira, Helene (2003, apud VIEIRA, 2015) identifica os agentes dando os seguintes exemplos: Sobrecarga, variação de umidade, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas ao concreto, agentes biológicos, problemas com insumos, agentes atmosféricos, entre outros.

Diante dessa perspectiva, Broto (2006) classifica as causas dos processos patológicos em duas categorias. A primeira, denominadas ações diretas, engloba lesões físicas, mecânicas, químicas e lesões anteriores. A segunda categoria, ações indiretas, inclui projeto, execução, material e manutenção. Para o autor, então:

- Lesões físicas: provenientes de umidade de construção, umidade capilar, condensação, erosão, sujeira por depósito e sujeira por lavagem diferencial.
- Lesões mecânicas: advindas de deformações estruturais, fissuras por dilatação, fissuras por excesso de carga entre outras.
- Lesões químicas: causadas por ataques químicos como eflorescência, oxidações e corrosões, presença de vegetação e fungos.

Fica evidente, portanto, que a simples observação direta de uma manifestação patológica é o começo da inspeção, visto que, segundo Oliveira (2017), a análise das anomalias da edificação começa através do mapeamento de tudo o que está visível e defeituoso. Nesse sentido, Mazer (2012) também afirma que a inspeção visual é imprescindivelmente o primeiro passo a ser feito nessas ocasiões, visto que não envolve destruição e é de baixo custo operacional.

Além da inspeção visual, é essencial reunir informações detalhadas sobre a edificação. Assim, um estudo histórico é crucial para identificar a época de construção, o ambiente, o estilo arquitetônico, o sistema de construção, os materiais utilizados e quaisquer reparações ou modificações feitas nas estruturas, tal fato é evidenciado neste trabalho. O levantamento de plantas (as built), detalhes construtivos e mapas de lesões também é fundamental nesta fase (BROTO, 2006). Por fim, o autor recomenda que posterior a toda a fase inicial citada sejam feitos os ensaios de todas as naturezas cuja necessidade se faça existente.

2.4 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

2.4.1 Fissuras

Segundo a norma ABNT NBR 15575 (2013), fissura em um elemento estrutural é quando uma parte ou todo elemento é seccionado em sua transversal, com abertura capilar, ocasionado por tensões normais ou tangenciais.

Já a NBR 9575 (2010) aborda o conceito de fissura da seguinte maneira: “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)”.

De maneira geral, quando uma estrutura acumula tensões além de sua capacidade de resistência, seja por diversas razões, as fissuras então surgem como consequência. Esse fenômeno se intensifica com a restrição do deslocamento e a fragilidade do material à medida

que a estrutura tenta aliviar essas tensões movimentando-se. Por essa razão, é imprescindível também a presença de juntas de dilatação em toda estrutura a cada 15 metros horizontais (ABNT NBR 6118, 2023).

A NBR 6118 preconiza também valores limitantes quanto à abertura característica das fissuras, os quais serão apresentados de maneira adaptada na Tabela 1 a seguir. Tal fato é justificado no quesito proteção das armaduras, muito embora a norma explicita também que não se deve esperar que os limites sejam atendidos, em função da variabilidade de grandezas que podem interferir no processo de concebimento de um elemento estrutural. Vale salientar ainda que a presença de fissuras, ainda que praticamente ínfima na totalidade do vistoriado, é uma manifestação que pode corroborar para outras situações, como a corrosão e deslocamento.

Tabela 1: Limites de fissuras conforme a NBR 6118/2023.

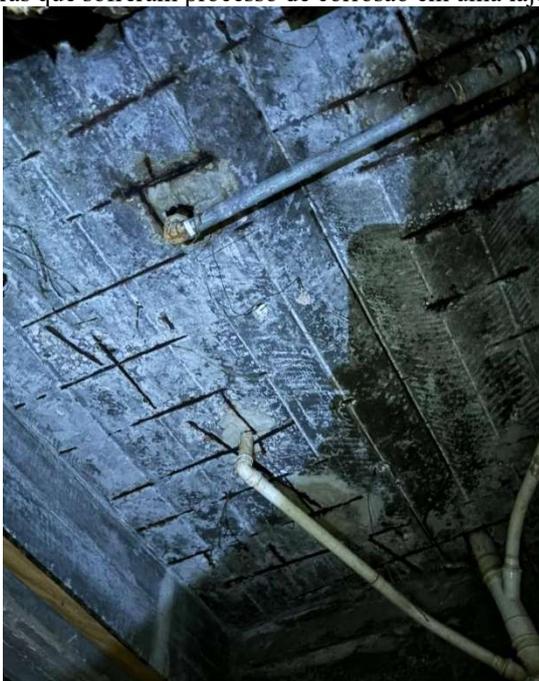
Tipo de concreto estrutural	Classe de agressividade ambiental (CAA)	Exigências relativas à fissuração	Combinação de ações em serviço a utilizar
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-
Concreto armado	CAA I	ELS-W $x_k \leq 0,4$ mm	Combinação frequente
	CAA II a CAA III	ELS-W $x_k \leq 0,3$ mm	
	CAA IV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

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118 (2023).

2.4.2 Corrosão de Armaduras

Segundo Ribeiro (2014), a definição de corrosão com foco nas estruturas de concreto trata-se da “interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de deterioração”. Nesse sentido, o autor completa ainda que os efeitos são manifestados através de manchas superficiais, as quais advêm da reação de oxidação e seu produto (corrosão), acompanhadas por fissuras, deslocamento do revestimento - que é a distância da face exterior à armadura mais externa – seção resistente das armaduras reduzida, dentre outros; a Figura 1 a seguir demonstra essa manifestação patológica presente no objeto de estudo do trabalho. Pode-se afirmar que é um processo cuja ocorrência é de demasiada preocupação, pois afeta diretamente a durabilidade e sobretudo a segurança de uma estrutura.

Figura 1: Armaduras que sofreram processo de corrosão em uma laje do Macapá Hotel.



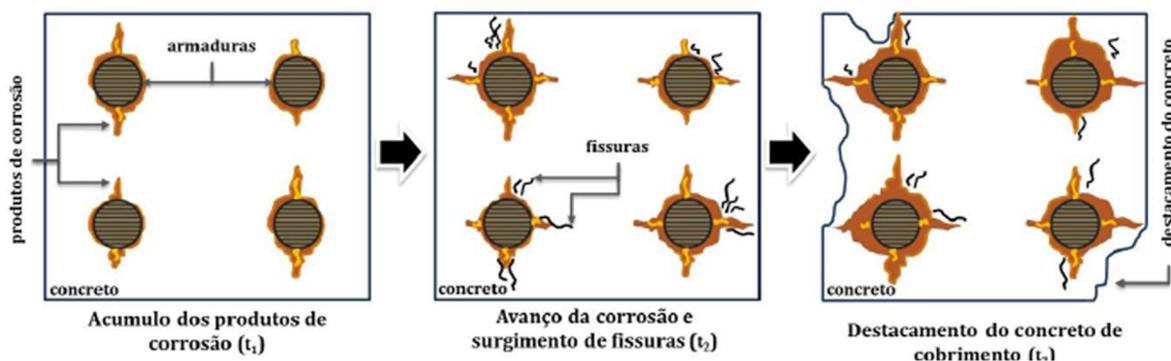
Fonte: Do Autor (2024).

O processo de corrosão das armaduras acontece quando há a presença de umidade, visto que a corrosão é eletroquímica, dessa forma ocorrendo reação com as moléculas de oxigênio e água de maneira em que há perda de elétrons de ferro (Fe) (SVORONOS, 2017). Em linhas gerais, a proteção do aço decai em função da diminuição da alcalinidade do concreto, segundo Cavalcanti & Cavalcanti (2010), além da possível presença de cloretos livres no ambiente, concluem os autores.

Nesse sentido, o gás carbônico (CO₂) com certeza é um agente balizador de um processo denominado carbonatação que, segundo a NBR 6118, é o principal mecanismo da deterioração da armadura; visto que esse gás reage com o concreto por meio de imperfeições na face, as quais podem ser os poros e fissuras, originados por diferentes motivos os quais não são foco deste tópico.

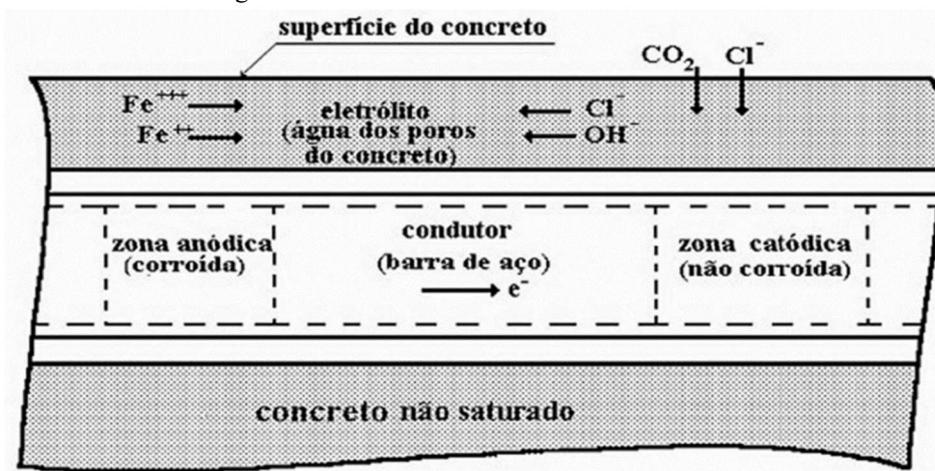
Por conseguinte, a camada de proteção natural do aço conhecida por “filme passivo” (Fe₃O₄) passa a ser instável em função de um pH menor, surgindo então o Fe₃O₄.3H₂O que, por sua vez, não é uma película de proteção, mas sim um óxido cujo nome popular é “ferrugem”, sendo não compacto e de pouca aderência (RIBEIRO, 2014). Nesse sentido, ocorre também a expansão do aço em meio a diversas reações químicas, fato este responsável por criar fissuras no elemento de concreto, danificando o concreto de cobrimento, ou simplesmente cobrimento, e então acentuando até mesmo o agir de demais agentes externos, processo que a Figura 2 a seguir resume (FELIX et. al., 2018).

Figura 2: Danos causados no concreto pela corrosão do aço.



Por fim, o autor Dal Molin (1988) define o processo de corrosão da seguinte maneira: na zona anódica, os átomos de metal perdem elétrons, resultando em cátions de ferro (Fe^{2+} e Fe^{3+}) que se dissolvem na solução; na zona catódica, o oxigênio (O_2) e a água (H_2O) reagem para formar íons hidroxila (OH^-). Após as reações citadas, esses íons hidroxila se movem em direção à zona anódica e combinam-se com os íons de ferro para criar óxidos e hidróxidos de ferro, conhecidos como ferrugem.

Figura 3: Célula de corrosão do concreto armado.



Fonte: SOUZA; RIPPER (1998).

2.4.3 Desagregação do concreto

O concreto se desagrega (ou desloca) quando começa a se fragmentar, o que compromete a função ligante do cimento e faz com que a estrutura perca sua capacidade de resistência, tanto em áreas específicas quanto no todo, visto que perde seção resistente. As principais causas desse fenômeno incluem fissuras, corrosão, formação de compostos expansivos, ataques biológicos e calcinação (SOUZA & RIPPER, 1998).

De maneira geral, o deslocamento do concreto está associado à corrosão das armaduras, sobretudo, posto que os produtos de corrosão formados durante o processo são expansivos e aumentam as tensões, levando ao desprendimento do concreto nas áreas onde estão as barras de aço corroídas. Ademais, a desagregação também pode ocorrer devido a fatores como as deformações excessivas causadas por sobrecargas imprevistas, pois as tensões atuantes são maiores do que as esperadas em projeto (GARCIA, 1999).

Figura 4: Deslocamento em pé de pilar externo da fachada do Macapá Hotel.



Fonte: Do Autor (2024).

2.4.4 Segregação do Concreto

Segundo Arivabene (2015), a segregação do concreto ocorre em função da separação dos componentes do concreto cuja pasta desagrega-se do agregado graúdo (brita), obtendo como produto um elemento de concreto vazios e, por conseguinte, permeável. Nesse viés, as causas desse fenômeno podem envolver o lançamento do concreto de uma altura excessiva ou fora de norma, vibração inadequada, dosagem incorreta do concreto e a concentração de armaduras que resultam na retenção do agregado graúdo (PIANCASTELLI, 1999).

Em função da aparente semelhança com nichos de concretagem, alguns autores assemelham as manifestações patológicas. No entanto, Garcia (1999) em sua dissertação diferencia da seguinte forma as manifestações: a segregação ocorre quando o concreto apresenta falta de uniformidade, deixando os agregados graúdos expostos sem a cobertura adequada, o que resulta em superfícies com agregado visível. Já os nichos são caracterizados como áreas

vazias devido à ausência de concreto ou de agregado graúdo em determinadas regiões da peça. Este último fator ocorre geralmente pós concretagem do elemento, é decorrente da má vibração do concreto ou até mesmo da ausência do processo. A imagem a seguir é um exemplo de segregação e, possível, a manifestação ocorreu por falha na montagem da fôrma e/ou adensamento do concreto.

Figura 5: Segregação em uma viga do primeiro pavimento do Macapá Hotel.



Fonte: Adaptado do Autor (2024).

Outros fatores que podem influenciar nesse tópico são as altas concentrações de aço em um elemento estrutural, por vezes sendo insuficientes segundo prescreve a NBR 6118 (2024), cerca de vinte centímetros entre barras; também podem corroborar para a segregação a perda da pasta de cimento em função da má disposição das fôrmas, além da dosagem incorreta e vibração errônea. Com efeito, Dal Molin (1998) afirma que a segregação do concreto é um fator que pode contribuir para demais manifestações patológicas, sobretudo a corrosão de armaduras, em função da permeabilidade do concreto.

2.4.5 Bolor e fungos

De acordo com Melo (2011), o bolor é uma manifestação patológica originada pela presença de fungos que se alimentam de matéria orgânica. Nesse sentido, a propagação é deles é comum em ambientes úmidos, levando ao surgimento de manchas escuras que podem ser verdes, brancas ou vermelhas, dependendo da reação química e da cor dos esporos dos fungos,

e um fator determinante para essa manifestação é a não movimentação da água, ou seja, é propício ocorrer em elementos em contato com o ambiente externo e sem impermeabilização, sobretudo.

O concreto, devido às suas características de porosidade, rugosidade, umidade e composição química, é vulnerável ao ataque de microrganismos. Fatores esses combinados com outros ambientais como umidade, luminosidade e temperatura, corroboram para a biodeterioração. Esse processo indesejado é a alteração das propriedades do concreto causada por microrganismos e pode ser classificado em quatro categorias principais: física ou mecânica, estética, química assimilatória e química não assimilatória (LAPA, 2008). A imagem a seguir demonstra um caso pertinente de bolor no objeto de estudo de caso.

Figura 6: Bolor em uma parede do terceiro andar do bloco anexo.



Fonte: Do Autor (2024).

Não obstante o concreto possua pH característico alcalino, à medida em que ele fica exposto sem os devidos cuidados e/ou manutenção ao ambiente com poluentes como o CO₂, torna-se evidente que esse âmbito propicie diminuição do pH, o que ocorre sobretudo pela falta de princípios básicos como cobertura e demais itens já citados. Nesse sentido, bem como ocorre em demais manifestações patológicas, tal decréscimo de pH permite o crescimento quantitativo de material orgânico. Por essa razão, formam-se os chamados biofilmes na superfície do elemento em questão, caracterizando umas das biodeteriorações segundo a classificação de Lapa (2008), sendo facilmente visível um exemplo a seguir na Figura 7, em uma laje do objeto de estudo do trabalho.

Figura 7: Bolor em uma laje exposta ao ambiente externo.

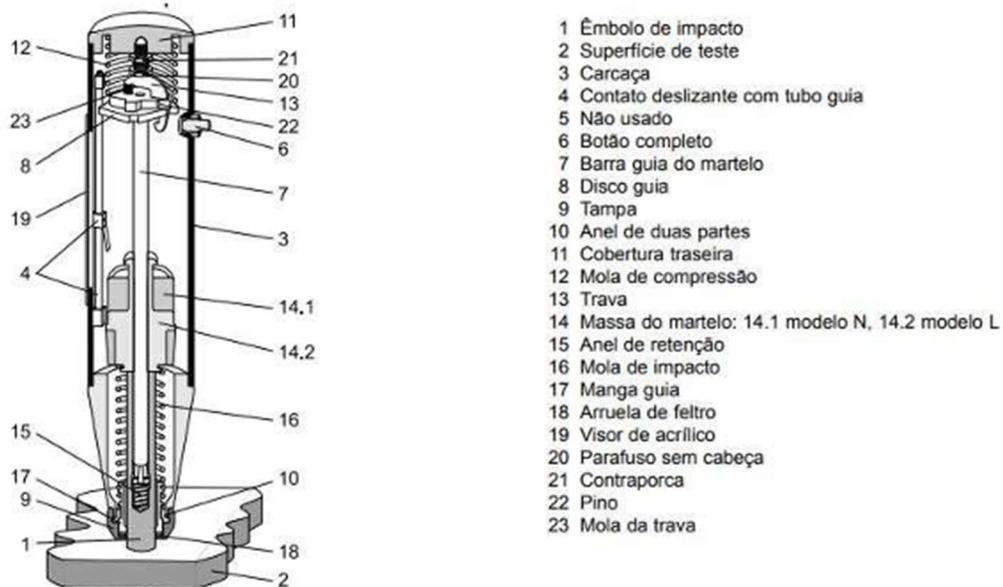


Fonte: Do Autor (2024)

2.5 ENSAIO DE ESCLEROMETRIA

O ensaio esclerométrico, conforme definido pela norma ABNT NBR 7584 (2012), utiliza o esclerômetro de reflexão (ver Figura 8) para medir a dureza superficial do concreto. Este é um método não destrutivo que fornece informações valiosas sobre a qualidade e as características do concreto endurecido. Segundo a NBR 7584 (2012), quanto maior for a dureza superficial do concreto endurecido, menor será a quantidade de energia transformada em deformação permanente, resultando em maior reflexão ou recuo do objeto que impacta a superfície. O primeiro caso de infecção fora da China foi registrado em 13 de janeiro de 2020, e em um mês, os casos fora do país aumentaram significativamente.

Figura 8: Seção transversal do esclerômetro.



Fonte: PROCEQ SA (2017).

De acordo com a recomendação do American Concrete Institute (2007), pode-se relacionar a energia absorvida pelo elemento ensaiado com a sua resistência, muito embora existam fatores os quais corroboram para diferentes resultados, bem como a espessura que sofreu carbonatação, idade do concreto, presença de agregados graúdos logo após o ponto de aplicação do ensaio (IAEA, 2002). Conforme recomendação do fabricante, deve ser realizada antes do ensaio a calibração do esclerômetro: ela é concebida utilizando-se de uma bigorna de aço, com dureza conhecida.

2.6 VERIFICAÇÃO DO PH COM FENOLTALÉINA

Há teorias anteriores no mundo da química as quais relatam sobre indicadores visuais. Nesse sentido, a teoria de cromófora explicita o fato que a mudança de coloração das substâncias químicas ocorre em função de um agrupamento de átomos possuírem ligações duplas. Em função disso, além de que acontecem reagrupamentos moleculares à medida em que o pH do meio sofre variação, os indicadores então transmitem uma nova coloração (FARIAS, 2012). Nesse sentido, Atkins e Jones (2012) definem que o indicador ácido-base (indicador de pH) é um ácido fraco e que possui diferentes formas: quando ácido, sendo a fase protonada (HIn), é uma solução ácida; já a outra forma em base conjugada (In⁻), que é a forma desprotonada, pois perdeu próton, é a solução que muda de cor em função do pH, visto que o próton perdido altera a forma de absorção e reflexão de luz.

De maneira geral, tal aplicação de fenolftaleína é realizada quando se quer ter ideia do pH do concreto. Nesse sentido, Silva (2007) em sua Tese, realizou pesquisas com essa metodologia sobretudo pela indicação da coloração a qual é produto da aplicação da solução química citada, visto que entre os valores de pH 8 até 9,8 ela denota uma cor para diferenciação. Para se ter uma ideia aproximada, valores abaixo de 8,4 de pH a fenolftaleína não muda de cor, no entanto acima de 9, atinge um tom roxo. Fito a este fato, pode-se considerar a fenolftaleína como uma solução bem usual e prática para o presente estudo uma vez que, além do baixo custo, os resultados são quase que imediatos através da coloração ou não mudança dela.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O estudo em questão caracteriza-se com uma pesquisa descritiva. De acordo com Gil (2002), “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”. No viés descritivo, busca-se não apenas descrever o estado da estrutura, mas também identificar e catalogar as principais manifestações patológicas que a afetam. Isso permite entender as causas subjacentes dessas manifestações, avaliar seus impactos e, finalmente, propor soluções e tratamentos adequados para enfrentar os problemas identificados, contribuindo para uma inspeção predial, por exemplo.

A pesquisa foi realizada em duas etapas: a pesquisa bibliográfica e o levantamento de campo, sendo a primeira tangente a revisão de literatura, que é essencial. Segundo Lakatos e Marconi (2003), A pesquisa bibliográfica consiste em um levantamento abrangente dos principais trabalhos já realizados, destacando-se por sua importância em fornecer dados atuais e relevantes sobre o tema. O estudo da literatura pertinente auxilia na planificação do trabalho, evita duplicações e certos erros, além de ser uma fonte indispensável de informações que pode até mesmo orientar futuras investigações.

Com efeito, a pesquisa bibliográfica é responsável por conceder ao pesquisador o conhecimento necessário para o levantamento de campo, a então segunda fase. Esta envolveu visitas in loco à edificação para o registro fotográfico da estrutura em si e de elementos de vedação e acabamento (dentre outros), a fim de coletar e detalhar o maior número de anomalias possível. Tal fato assemelha-se ao que Severino (2014) exemplifica acerca do que é a pesquisa de campo, de modo que, “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”. Diante disso, é imprescindível definir as técnicas de coleta de dados e selecionar uma amostra representativa para sustentar as o que há de ser concluído (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Analogamente, o diagnóstico que será abordado no tópico resultados e discussões será de acordo com as diretrizes do IBAPE (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia) e da norma de Manutenção em Edificações ABNT NBR 5674.

3.2 DO OBJETO DA INSPEÇÃO

3.2.1 Identificação

O trabalho desenvolveu-se na cidade de Macapá, capital do Estado do Amapá. O objeto de inspeção, o Hotel Macapá, é situado nas coordenadas 0°02'06.8"N 51°02'57.4"W, na Rua Francisco Azarias da Silva Coelho Neto, no bairro do centro, CEP 68900-080, na cidade de Macapá-AP, Brasil. Trata-se do um lote urbano registrado sob o n.º 113, localizado na quadra 82, setor 02, medindo aproximadamente 13.162,00m², com os limites e confrontações seguintes (ver Figura 9): pela frente com a Av. Francisco Azarias Neto; pela direita com a Av. Padre Júlio Maria Lombaerd; pelo lado esquerdo com a Rua General Gurjão e pelos fundos com a Av. Cora de Carvalho, constando o registro da propriedade no Cartório “Eloy Nunes”, do registro de imóveis de Macapá sob a matrícula 6131 à folha 183, do livro 2-AF do Registro Geral, com área de Terreno de 13.162,00 m², e uma área construída de aproximadamente 5.770,10 m².

Figura 9: Localização cartográfica de Macapá-AP



Fonte: <https://fnembrasil.org/regiao-metropolitana-de-macapá-ap/>.

Figura 10: Localização do terreno do objeto de inspeção



Fonte: Adaptado do Google Earth (2020).

3.2.2 Histórico da Edificação

De denominação anterior “Grande Hotel Macapá”, o Macapá Hotel foi construído pelo primeiro governo do ex-Território Federal do Amapá para atender ao crescente número de visitantes e funcionários que a recebia.

Foi construído entre 1944 e 1945 pelo primeiro governador do ex-Território Federal do Amapá, Janary Gentil Nunes. A construção foi iniciada em 1º julho de 1944, bem diante de choupanas de madeira que prevaleciam na Rua da Praia, hoje Rua Azarias da Costa Neto, na orla da cidade de Macapá. O prédio segue um estilo colonial característico. Também fora o primeiro empreendimento do Estado no ramo da hotelaria; a edificação marcou época e era um conhecido ponto de encontro dos moradores. A construção do prédio em estilo colonial foi concebida em alvenaria de vedação padrão, com lajes e vigas de concreto armado e com dois pavimentos.

O primeiro pavimento possuía um amplo hall, salão de refeições para 80 pessoas, salão de jogos e diversões, salas para barbearia, perfumaria, engraxataria e bar, além das dependências de serviço e terraços mosaicos. No segundo pavimento, existiam apartamentos com dois dormitórios e dezesseis quartos, sendo aqueles que eram da faixa principal com varandas permitiam a colocação de redes. Todas as dependências dispunham de água encanada e eram magnificamente bem ventiladas e iluminadas. A Figura 11 é do início da obra (1944), etapa onde as fundações já estavam finalizadas e procedia-se com o levantamento dos panos de alvenaria e demais elementos estruturais.

Figura 11: Início da construção da alvenaria de vedação do segundo piso



Fonte: Porta Retrato-AP

Um fato curioso e que inclusive fora denotado in loco, em algumas análises iniciais antes do acesso à Figura 12 a seguir, notou-se que as paredes externas eram espessas, fato que foi comprovado pelo acesso em algumas partes do forro e, logicamente, pela imagem a seguir.

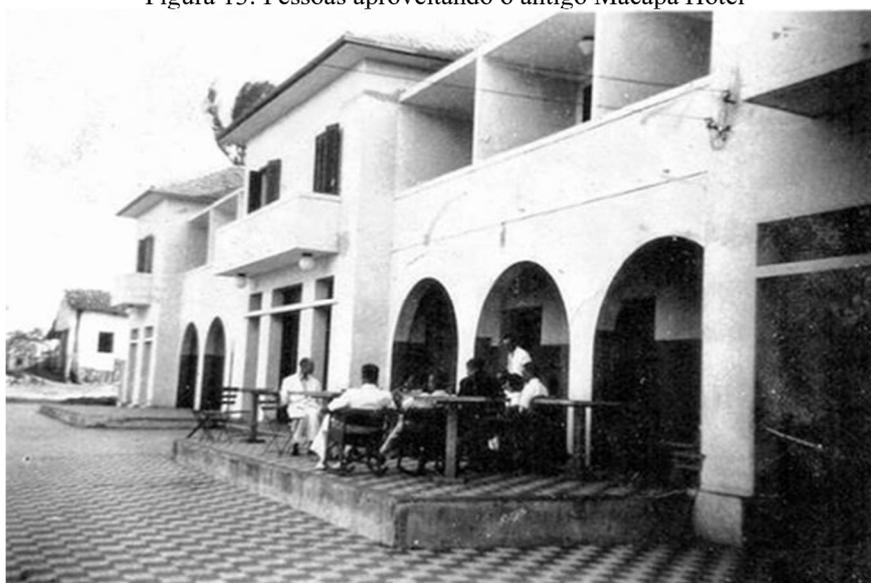
Figura 12: Início da alvenaria de vedação do térreo



Fonte: Porta Retrato-AP¹.

Já as Figuras 13 e 14 tratam-se da edificação já concluída em sua primeira versão, sem o entorno, apenas um bloco de dois pavimentos. Vale ressaltar ainda que, por um bom período, o Macapá Hotel era o principal ponto da cidade, considerado uma das melhores (ou a melhor) programação da cidade, segundo relatos de algumas pessoas em conversa com autor deste trabalho.

Figura 13: Pessoas aproveitando o antigo Macapá Hotel



Fonte: Porta Retrato-AP

Figura 14: Fachada original do hotel.



Fonte: Porta Retrato-AP²

Em resumo, as demais intervenções feitas no Macapá Hotel podem ser resumidas da seguinte forma: em meados dos anos 70 foi arrendado por um empresário chamado Genésio Antônio de Castro, que modernizou o hotel na época; no início dos anos 80, um grupo francês passou a tomar conta do hotel, o grupo Accor, e nesse período passou a se chamar Novotel; dois anos depois, na década de 82, o hotel passou por uma reconstrução, em que parte dele foi demolido e reconstruído, mantendo a arquitetura original, e foi inaugurado no mesmo ano, conforme a Figura 15 a seguir.

Figura 15: Placa de obra da reforma de 1982



Fonte: Do autor (2024)

Dando continuidade ao resumo, já em meados dos anos 90, o hotel passou a ser administrado por um grupo a parte, os relatos coletados pelo autor levam a afirmar que tal grupo não tinha relação com turismo. Nesse sentido, depois de tempo indeterminado, o comando do local passou a ser de um empresário o qual era terceirizado pelo grupo anterior. Por fim, aproximadamente nos últimos 22 anos, o local passou a ser explorado por terceiros por concessão do Governo do Estado do Amapá (GEA), período esse no qual ocorrera a mudança de nome pela quarta vez, sendo então Hotel Macapá. Ainda segundo os relatos coletados pelo autor, em 2014 houve um princípio de ideia de transformar o prédio em um Centro Cultural, interligando outros pontos como a Casa do Artesão, Casa do Índio, Trapiche Eliezer Levy e a Fortaleza de São José, projeto que foi idealizado pela renomada arquiteta Rosa Grena Klieass, um dos nomes mais influentes do paisagismo no Brasil. Por fim, não se tem mais informações após o ano de 2020, e o hotel até um mês atrás (setembro) não teve nenhuma intervenção e estava abandonado. Tal situação fora confirmada também em conversa com um dos vigilantes responsáveis do local; segundo ele, com o período pandêmico, o qual iniciou em fevereiro de 2020, o local foi “simplesmente abandonado”, relatou. Ele ainda afirmou que “muitas pessoas entravam no local durante esse período e aproveitaram para furtar coisas como fiação elétrica e demais instalações”.

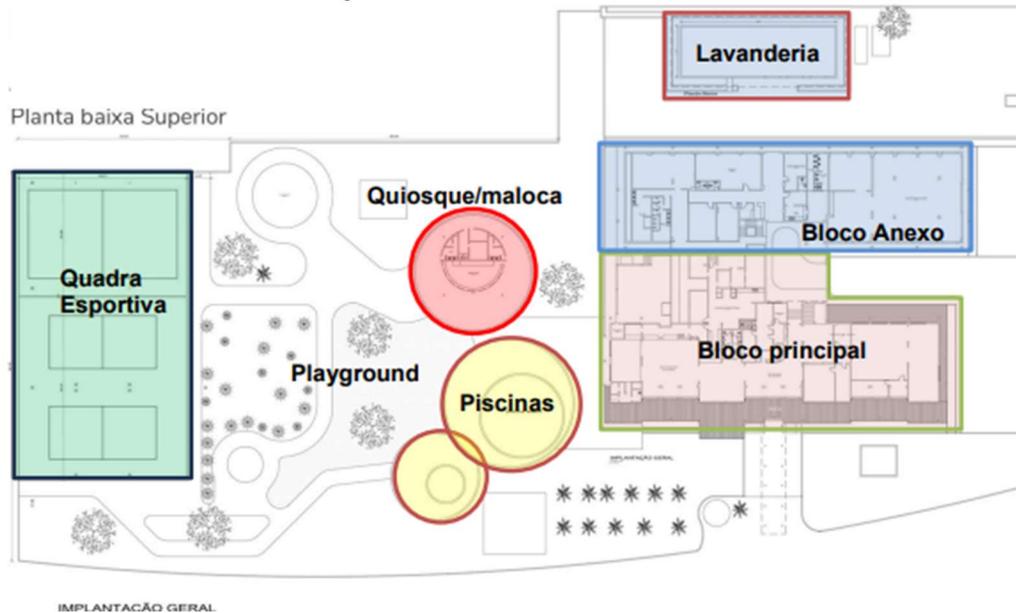
Atualmente, precisamente em outubro de 2024, o GEA anunciou a requalificação do local, onde será um HUB de Inovações, com salas de trabalho para *start up's* salas para empresas alugarem, também contará com restaurante e diversos espaços de uso geral, algo que é novidade para o Amapá, sobretudo por conta do tamanho da construção. Nesse sentido, o prédio passará por reforço em sua estrutura, adequação dos espaços conforme projetos arquitetônicos em geral.

3.2.3 Caracterização da Edificação

Trata-se de um imóvel em estilo colonial, estruturado em concreto armado e em a estrutura de madeira composto por (ver Figura 16): Bloco principal/01 (com dois pisos e laje de cobertura), Bloco anexo/02 (composto de 3 pisos e laje de cobertura), lavanderia, almoxarifado (interno ao bloco anexo), quadra esportiva, piscina adulto e infantil, quiosque, playground. Construído em alvenaria de tijolos de 6 furos, instalações elétricas apropriadas, telhado de madeira sob telha cerâmica e fibrocimento no quiosque da área de lazer, pintura acrílica e a base d'água, de pavimento térreo e superior de laje maciça, esquadrias de madeira tipo venezianas sendo na fachada arcos em alvenaria, atualmente com portas de vidros, o piso

cerâmico e madeira, forro em madeira, iluminação externa, edificação provida de solução de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, assim como as instalações elétricas apropriada a que se destinava.

Figura 16: Localização da edificação.



Fonte: Adaptada de SMITH, CHANANDRY (2014).

O reservatório da edificação dispunha originalmente de sistema de abastecimento de água quente (através de boiler), além de sistema de combate a incêndio através de ramais prediais distribuídos em toda edificação principal. Os quartos medem em torno de 22,25 m² com banheiros, sendo 12 unidades com 26,50m², o que o insere dentro dos padrões de hotelaria atual. Embora o imóvel tenha sofrido várias intervenções ao longo dos anos, ainda carrega em sua maioria suas configurações arquitetônicas originais. Em uma dessas intervenções, foi acrescida uma varanda na fachada principal. A configuração pós reforma de 1982 da fachada da edificação pode ser vista na Figura 17 abaixo.

Figura 17: Fachada pós reforma e ampliação em 82

Fonte: Porta Retrato-AP¹

O edifício está localizado em ambiente urbano, com classe de agressividade moderada (02) em conformidade com a NBR 6118 (2023). A estrutura é de concreto armado, constituída por pilares, vigas e lajes maciças. Não foi constatada a execução de nenhum sistema de impermeabilização. Cabe ressaltar também que não foi possível ter acesso ao memorial descritivo e nem às especificações técnicas do projeto.

3.3 ATIVIDADES DA INSPEÇÃO PREDIAL

3.3.1 Dos critérios utilizados

A inspeção do objeto de estudo está baseada na vistoria da edificação e na realização de exames complementares. Ambos tem como resultado a análise técnica do fato ou da condição relativa à utilização, mediante a verificação “in loco” de cada sistema construtivo, no que tange a segurança, de acordo com as diretrizes da Norma de Inspeção Predial do IBAPE – 2009 e da Norma de Manutenção em Edificações ABNT NBR 5674.

Essa investigação precede o diagnóstico das anomalias construtivas as quais interferem e podem prejudicar o estado de utilização da edificação e suas instalações, tendo como objetivo verificar os aspectos de desempenho, vida útil, utilização e segurança que tenham interface direta com os usuários. Dessa maneira, para incrementar os resultados da inspeção predial,

¹Disponível em: <https://porta-retrato-ap.blogspot.com/search?q=hotel>.

foram utilizados exames complementares em alguns elementos estruturais da edificação, a esclerometria e a verificação do PH através de fenolftaleína.

3.3.2 Ensaio de Esclerometria

Para os ensaios realizados, foi necessária certa adaptação de alguns fatores. Por exemplo, a quantidade de amostra em relação a área do ensaio foi diminuída em função dos seguintes critérios: Espaço físico limitado, onde de certa forma corríamos alguns riscos como o de possível queda e limitação de movimento para manobrar o corpo na hora de utilizar o equipamento, possíveis animais perigosos peçonhentos no forro, sujeira excessiva que atrapalhava parte da visão e da respiração, ainda que o uso de máscara de proteção tenha sido feito, dentre outras causas menores, como o tempo que fora disposto aos autores (orientando e orientador) para a realização da inspeção em geral, posto que o ensaio em questão foi realizado próximo ao fim do prazo, visto que o esclerômetro da Universidade estava emprestado. Com isso, a área passou de 4x4 para 3x3. A Figura 18 a seguir é um exemplo do ensaio feito in loco em um pilar externo.

Figura 18: Esclerometria em pilar externo.



Fonte: Do Autor (2024).

Outro fator importante para salientar é sobre a quantidade de ensaios realizados na estrutura da edificação (excluso o ensaio acima, feito apenas para teste). Nesse sentido, pelos

fatores citados no parágrafo anterior, foi firmado que a quantidade seria de 3 ensaios por pavimento de seu bloco. Ou seja, o bloco 1 (principal), teve ao total 6 ensaios, por exemplo, sendo três no térreo e três no pavimento superior. De maneira análoga, o ensaio perpetuou-se para o bloco anexo.

Para o ensaio em si, foram feitos os seguintes procedimentos básicos:

- Lixar a superfície de aplicação, a fim de deixá-la mais lisa e com menos imperfeições. Para esse processo, foi utilizada uma pedra abrasiva que, no caso da utilizada, fora adquirida junto ao esclerômetro (Figura 19).
- Marcar e dividir a área de aplicação conforme critério citado anteriormente.
- Aplicar o teste em cada espaço e anotar o valor obtido.

Figura 19: Pedra abrasiva utilizada para lixar a superfície dos elementos.



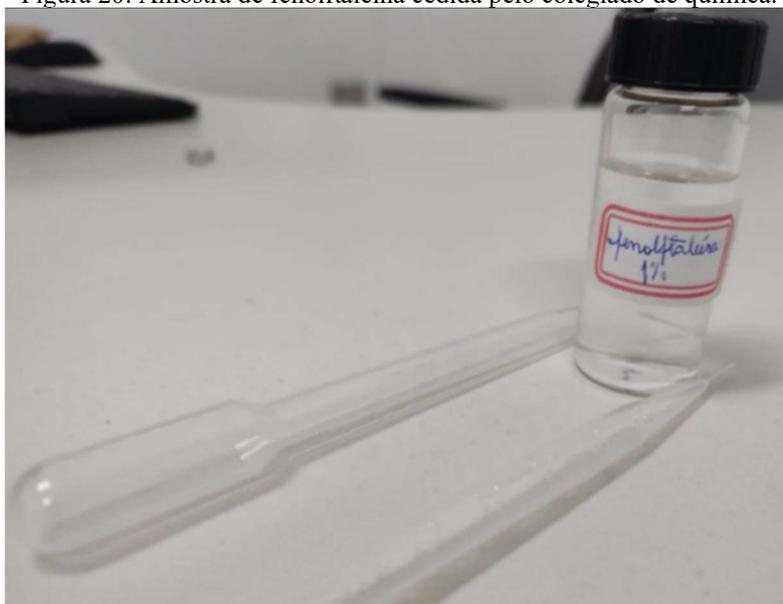
Fonte: Adaptado do Autor (2024).

Uma vez finalizado o procedimento, será feito um cálculo da média dos resultados de esclerometria. Posteriormente, o valor encontrado é então relacionado com um ábaco do fabricante, o qual está presente no anexo deste trabalho, para então encontrar o valor da resistência à compressão do concreto obtida.

3.3.3 Ensaio com fenolftaleína

A medição do pH do concreto permite uma melhor avaliação sobre o nível de carbonatação, processo físico-químico que ocorre entre o gás carbônico (CO₂) presente na atmosfera e os compostos da pasta de cimento. Para este estudo, a solução de fenolftaleína utilizada foi fornecida pelo colegiado de química da Universidade Federal do Amapá, com concentração adequada de 1% conforme a Figura 20 a seguir. A solução foi realizada seguindo os critérios de Morita e Assumpção (2007), que consiste em uma grama de Fenolftaleína em 50 mililitros (mL) de álcool etílico e completo até 100 mL com água destilada.

Figura 20: Amostra de fenolftaleína cedida pelo colegiado de química.



Fonte: Do Autor (2024).

Já na utilização in loco, foi realizada a aplicação direta por meio de um recipiente que possuía borrifador, para fácil utilização, dessa maneira sendo necessário apenas esperar menos de um minuto para a mudança de coloração ou não, para a conclusão do processo, que é exemplificado pela imagem abaixo.

Figura 21: Fenolftaleína aplicada em pilar externo para teste.



Fonte: Do Autor (2024).

3.4 INSPEÇÃO, CARACTERIZAÇÕES E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Esclarecidos os critérios e ensaios a serem utilizados, o próximo passo vai ser caracterizar todas as manifestações patológicas e, dentre elas, apresentar três por pavimento de cada bloco, ou seja, três do térreo do bloco 01, três do pavimento superior do bloco 01, divisão essa também feita no tópico da metodologia da esclerometria. Vale destacar também que os principais elementos analisados são estruturas e alguns elementos de vedação que apresentarem grande presença de alguma patologia. Nesse viés, será feita a utilização de tabelas para efeito de organização e objetividade, conforme o exemplo a seguir.

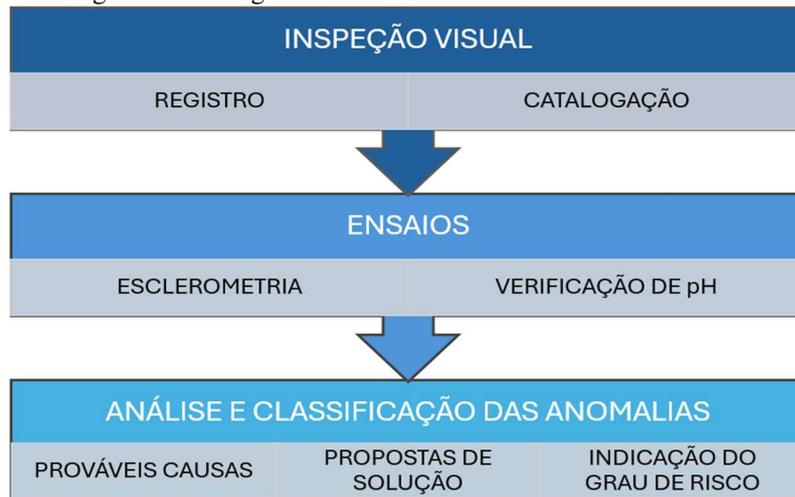
Tabela 2: Checklist utilizado para organizar as anomalias.

Local	Ex: Sala de jogos
Manifestação patológica	Ex: Bolor e fungos
Possíveis causas	Ex: Presença de umidade excessiva
Grau de risco	Ex: Mínimo
Possíveis intervenções	Ex: Impermeabilização
Identificação	Ex: Figura 1

Fonte: Do Autor (2024).

Considerando que em todos ambientes da edificação foram encontrados algum tipo de manifestação patológica e, conseqüentemente, anomalias de grau variado, para fins de avaliação geral, serão evidenciadas as que mais impactam na avaliação do grau de risco da edificação, cujos registros podem ser vistos ao longo do trabalho. Em resumo, o fluxograma a seguir destaca as atividades realizadas neste trabalho em ordem.

Figura 22: Fluxograma de atividades realizados neste trabalho.



Fonte: Do Autor (2024).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Carballal Junior (2019) em sua dissertação reuniu diversos estudos e apresentou sobretudo quais as manifestações patológicas mais recorrentes em edificações com mais de 5 anos de idade, ainda que seja uma idade base nova, já apresentam resultados os quais são compatíveis até mesmo com edificações com a idade do Macapá Hotel. É interessante mencionar esse estudo no início desse tópico pois, à medida em que forem lidas as tabelas abaixo e visualizadas as imagens referentes a elas, será possível fazer uma ligação da tabela de estudo do autor citado (Tabela 3 a seguir) com os dados coletados do presente trabalho.

Tabela 3: Manifestações patológicas mais recorrentes em edifícios com mais de 5 anos de idade.

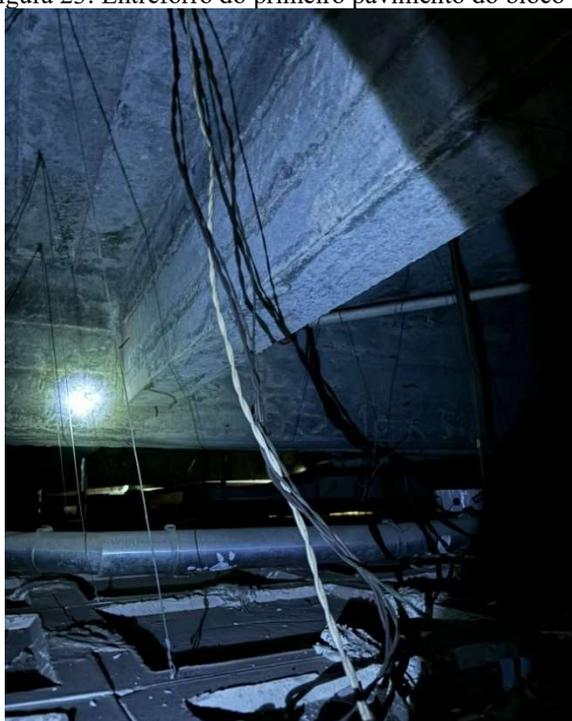
Manifestações Patológicas	Ocorrências	Percentual
Corrosão das armaduras	556	22,5%
Fissuras	462	18,7%
Falha ou ausência de impermeabilização	278	11,3%
Mancha de infiltração	269	10,9%
Armadura exposta	166	6,7%
Destacamento em estruturas de concreto armado	130	5,3%
Mancha de lodo ou bolor	119	4,8%
Componente oxidados	69	2,8%
Revestimento quebrado/danificado	53	2,1%
Telhas quebradas	43	1,7%
Destacamento/ausência de Revestimento	40	1,6%
Eflorescência	35	1,4%
Outros	248	10,0%
Total	2468	100%

Fonte: Carballal Junior (2019).

4.1 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO BLOCO 01

Conforme o histórico citado, o bloco principal é o local mais antigo da edificação. Nesse sentido, o pavimento térreo apresenta maiores problemas em instalações elétricas, hidráulicas e afins, o que é visível na Figura 23. Para averiguar a estrutura, como na imagem a seguir, foi necessário quebrar o forro de gesso, que era presente na maior parte do hall.

Figura 23: Entreforro do primeiro pavimento do bloco 01.



Fonte: Do Autor (2024).

4.1.1 Manifestações patológicas encontradas no térreo

De modo geral, os ambientes analisados no térreo do bloco 01 apresentam anomalias que se repetem, ou seja, pode-se inferir que ocorreram vícios construtivos e ausência de manutenção da estrutura após certo tempo, o qual não é de conhecimento. Assim, serão apresentados então os principais casos conforme fora preconizado no tópico metodologia.

Tabela 4: Checklist salão de jogos.

Local	Salão de jogos
Manifestação patológica	Elementos estruturais: Pilares sem anomalias visíveis; Vigas com segregação superficial localizada; Lajes com exposição de armaduras localizadas. Elementos não estruturais: Perda localizada de revestimento caracterizada por bolores e manchas
Possíveis causas	Falta de impermeabilização adequada nas paredes; vigas com possível problema de adensamento na concretagem e/ou fôrmas mal posicionadas; Lajes com cobrimento insuficiente segundo a 6118 e ausência de impermeabilização na área de contato com as tubulações
Grau de risco	Médio

Possíveis intervenções	Reparos localizados para proteger e limpar as armaduras expostas; aplicar material impermeabilizante próximo do nível do piso.
Identificação	Figuras 24, 25 e 26

Fonte: Do Autor (2024).

Figura 24: Destacamento do revestimento (pintura).



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 25: Segregação de uma viga da sala de jogos.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 26: Lajes com armadura exposta no térreo do bloco 01.



Fonte: Do Autor (2024).

Como já mencionado, casos com armadura exposta próximos a tubulações são comuns na edificação em questão. Nesse sentido, é possível afirmar que estes casos detêm certos riscos os quais são considerados regulares, e, para uma nova utilização da estrutura, os reparos devem ser realizados. Em suma, as manifestações patológicas citadas na Tabela 4, do ambiente Salão de Jogos, são recorrentes em todo térreo do bloco 01, principalmente a segregação e as armaduras expostas.

Carballal Junior (2019) afirma que a laje, em sua pesquisa entre 79 edificações, foi o elemento estrutural que mais teve registro de armadura exposta dentre o espaço amostral, fato esse que se deve ao cobrimento na execução ter sido inadequado, muito embora na época pudesse ter sido adequado, uma vez que a norma ABNT NB-1/1940 definia o cobrimento mínimo de 1 centímetro para lajes no interior de edifícios, bem como pilares, vigas e arcos também no interior, 1,5 centímetro. Com efeito, tal diferença com a atualidade justifica o caso das armaduras, sobretudo do bloco 01 que, em sua maioria, é o local mais antigo do prédio, estarem expostas como na figura anterior.

4.1.2 Manifestações patológicas encontradas no pavimento superior

As anomalias presentes no pavimento superior são bem similares àquelas do térreo. No entanto, o problema agravante o qual é visivelmente perceptível é a maior presença de umidade, visto que os problemas como bolor e fungos e suas consequências são mais visíveis neste pavimento. Como evidenciado no tópico anterior, a ausência de impermeabilização é presente e, por essa razão, os problemas apresentados a seguir nas lajes e paredes de vedação são de maneira mais agravante.

Tabela 5: Checklist pavimento superior do bloco 01 (locais indicados).

Local	Pavimento superior
Manifestação patológica	Elementos estruturais: Pilares sem anomalias visíveis; Vigas com segregação superficial localizada; Lajes com exposição de armaduras localizadas e segregação. Elementos não estruturais: Perda localizada de revestimento caracterizada por bolores e manchas.
Possíveis causas	Falta de impermeabilização adequada nas paredes; vigas com possível problema de adensamento na concretagem e/ou fôrmas mal posicionadas; Lajes com cobrimento insuficiente segundo a 6118 e ausência de impermeabilização na área de contato com as tubulações, além do fato de que é perceptível que não foi previsto shaft, pois a partir das imagens é quase certeza de que apenas executaram a tubulação no momento da concretagem.
Grau de risco	Médio
Possíveis intervenções	Reparos localizados para proteger e limpar as armaduras expostas; aplicar material impermeabilizante próximo do nível do piso. Ademais, retirar as instalações presentes que não serão utilizadas.
Identificação	Figuras 27 e 28

Fonte: Do Autor (2024).

Figura 27: Laje com instalações inadequadas.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 28: Manifestações patológicas em um banheiro e no corredor.

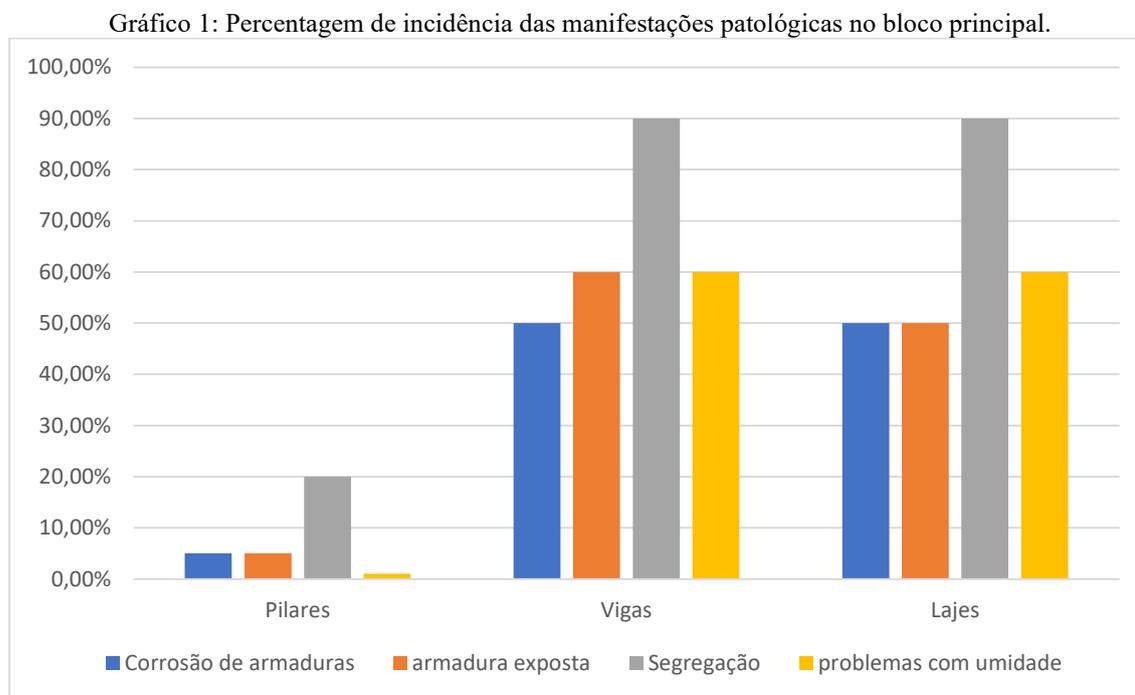


Fonte: Do Autor (2024).

É possível notar na Figura 27 que há a presença de uma pasta de cimento diferente da originária e pode ser vista dentro do círculo em destaque. Desse modo, é quase certeza o fato de que essa diferença se dá em função de ter sido uma medida paliativa (temporária) para amenizar a manifestação patológica local. No entanto, a imagem denota a falha construtiva.

Inobstante a não presença de todos os elementos estruturais neste trabalho, por diversas maneiras já abordadas de dificuldades de acesso, como a presença de forro, revestimento e afins, os que foram catalogados e apresentados serão padrões para o gráfico a seguir, que resume a

incidência das manifestações patológicas em percentual. Ademais, nem todos os elementos eram totalmente visíveis, logo os resultados do que será apresentado a seguir serão ligeiramente aproximados.



Fonte: Do Autor (2024).

Em suma, os problemas nos pilares foram pouco encontrados, devido a presença de revestimento neles, ou seja, possuíam um pouco mais de proteção, com exceção dos pilares externos (da fachada). Já as vigas, apesar de estarem íntegras à primeira vista, com um olhar mais detalhado foi possível verificar as anomalias presentes; a taxa de armadura exposta foi maior nelas pois em certos locais a exposição é mínima, dificultando a identificação de anomalia de corrosão. Por fim, as lajes, diferente das vigas, apresentam igual estimativa de presença entre as manifestações de corrosão e exposição, visto que as duas são atreladas em função de a exposição determinar e denotar a armadura corroída.

4.2 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS ENCONTRADAS NO BLOCO 02

De maneira geral, as anomalias e falhas encontradas também no Bloco 02 são similares às daquelas do bloco 01. Fato esse que traz à tona o fato de que provavelmente a principal causa das manifestações patológicas estão também atreladas à falta de manutenção; o fator pandemia pode ter sido decisivo nesse sentido, uma vez que, como foi relatado no tópico do contexto histórico, o prédio foi “abandonado” desde meados do período pandêmico.

Com base na Tabela 5, as principais manifestações patológicas lá evidenciadas como corrosão de armaduras, deslocamento, mancha de infiltração, e má impermeabilização, são encontradas no objeto de estudo de caso também, com destaque maior para a segregação que, apesar de não estar na tabela, é uma das principais anomalias encontradas nos elementos estruturais. Pelo que apresentam as imagens já expostas, a presença da última manifestação citada é iminente, e da forma que é visível, infere-se que o problema se deve por falha na execução das fôrmas, má qualidade do acabamento e problemas no adensamento.

4.2.1 Manifestações patológicas encontradas no pavimento térreo

No ambiente que será o destacado neste tópico, uma área similar a um vestiário, foi denotado sobretudo a presença das manifestações de corrosão de armadura e exposição em grande escala, sendo o local de maior risco do prédio. Não foi possível descobrir o motivo ou pelo menos aproximar-se da razão pela qual a laje do ambiente estava com os problemas citados em função do pouco espaço de acesso ao local, sendo possível a visibilidade pois o local estava sem o forro, conforme a figura a seguir. A Tabela 6 denotará as informações acerca deste ambiente.

Figura 29: Laje com grau de risco crítico



Fonte: Do Autor (2024).

Tabela 6: Checklist pavimento térreo do bloco 02.

Local	Vestiário
Manifestação patológica	Elementos estruturais: Pilares sem anomalias visíveis; Vigas com segregação superficial localizada; Lajes com exposição de armaduras localizadas e segregação. Elementos não estruturais: Perda generalizada de revestimento caracterizada por bolores e manchas, piso com infiltrações.
Possíveis causas	Vigas com possível problema de adensamento na concretagem e/ou fôrmas mal posicionadas; Lajes com cobertura insuficiente segundo a 6118 e ausência de impermeabilização na área de contato com as tubulações que, nesse caso, estão próximas às extremidades do ambiente
Grau de risco	Crítico
Possíveis intervenções	Reparos localizados para proteger e limpar as armaduras expostas; aplicar material impermeabilizante próximo do nível do piso. Ademais, retirar as instalações presentes que não serão utilizadas. Reconstrução das lajes também é válida.
Identificação	Figuras 30 e 31.

Fonte: Do Autor (2024).

Figura 30: Laje presente no vestiário com exposição de armadura.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 31: Laje do vestiário com exposição de armadura e tubulações inadequadas.



Fonte: Do Autor (2024).

As lajes possuíam pontos específicos com umidade, bem como a característica de segregação nos locais que são visivelmente o encontro de fôrmas de madeira utilizadas no escoramento da execução. Entretanto, o principal defeito é a exposição exacerbada de armadura, bem como pode-se ver algumas delas até quebradas, o que agrava a situação e a torna como risco crítico. Vale salientar que é o local de maior perigo e instabilidade da estrutura; faz-se necessário uma correção de urgência para que, ainda na execução, os trabalhadores possam operar em segurança.

4.2.2 Manifestações patológicas encontradas no segundo pavimento

Em suma, as manifestações patológicas encontradas no pavimento dois são similares àquelas do pavimento superior do bloco 01. No entanto, alguns locais (Figuras 32 e 33) são os que possuíam um visual mais desagradável em função da maior perda de revestimento por umidade. Como em outros ambientes já citados, neste também não foi possível identificar o principal motivo da situação, porém é possível inferir que as falhas construtivas, como a passagem inadequada de tubulações, interferiram diretamente, visto que os andares dois e três são praticamente espelhados, logo a passagem de água fica iminente através dessas tubulações antigas e deterioradas, o que corrobora para demais anomalias (CARBALLAL JUNIOR, 2019). Diante disso, a seguir serão apresentadas as imagens e o checklist.

Tabela 7: Checklist pavimento dois do bloco 02.

Local	Dois dos quartos do pavimento.
Manifestação patológica	Elementos estruturais: Pilares sem anomalias visíveis; Vigas com segregação superficial localizada; Lajes com exposição de armaduras localizadas e segregação. Elementos não estruturais: Perda generalizada de revestimento caracterizada por bolores e manchas.
Possíveis causas	Vigas com possível problema de adensamento na concretagem e/ou fôrmas mal posicionadas; Lajes com cobertura insuficiente segundo a 6118 e ausência de impermeabilização na área de contato com as tubulações, pilares com difícil acesso fora o encontro com vigas.
Grau de risco	Crítico
Possíveis intervenções	Reparos localizados para proteger e limpar as armaduras expostas; aplicar material impermeabilizante próximo do nível do piso. Ademais, retirar as instalações presentes que não serão utilizadas e recuperar a laje sobretudo nas áreas de projeção dos banheiros.
Identificação	Figuras 32, 33 e 34.

Fonte: Do Autor (2024).

Figura 32: Laje com perda da pintura e presença de umidade.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 33: Perda de revestimento e infiltração por umidade



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 34: Presença de umidade, armadura quebrada e tubulações inadequadas na laje de um banheiro



Fonte: Do Autor (2024).

Nesta última imagem, é fica evidente o que fora idealizado anteriormente, sendo explicita a presença de umidade na laje e no encontro dela com a viga nas proximidades das tubulações, é possível ver também uma das armaduras, que estão corroídas, quebrada, fator preocupante para a operação e labuta ainda na recuperação.

4.2.3 Manifestações patológicas encontradas no terceiro pavimento

O terceiro e último pavimento do bloco anexo é o local onde há incidências em larga escala. Logo ao subir até ele, percebe-se a diferença no revestimento, além da presença de água em alguns pontos, além de pontos de umidade como consequência e, por fim, manchas de infiltração. A figura a seguir é um exemplo da condição deplorável que se encontra quase que ao sair da escada. Ademais, será apresentado o checklist e suas imagens respectivas.

Figura 35: Presença grande de umidade no corredor do pavimento 03



Fonte: Do Autor (2024).

Tabela 8: Checklist pavimento três do bloco 02.

Local	Dois dos quartos do pavimento.
Manifestação patológica	Elementos estruturais: Pilares sem anomalias visíveis; Vigas com segregação superficial localizada; Lajes com exposição de armaduras localizadas e segregação. Elementos não estruturais: Perda generalizada de revestimento caracterizada por bolores e manchas.
Possíveis causas	Vigas com possível problema de adensamento na concretagem e/ou fôrmas mal posicionadas; Lajes de cobertura com cobrimento insuficiente segundo a 6118 e ausência de impermeabilização na área de contato com as tubulações, pilares com difícil acesso fora o encontro com vigas.

Grau de risco	Crítico
Possíveis intervenções	Reparos localizados para proteger e limpar as armaduras expostas; aplicar material impermeabilizante próximo do nível do piso. Ademais, retirar as instalações presentes que não serão utilizadas. Fazer reforço da laje em questão ou reconstruí-la.
Identificação	Figuras 36, 37 e 38.

Fonte: Do Autor (2024).

Figura 36: Presença de uma planta devido a proliferação de material orgânico



Fonte: Do Autor (2024).

É possível notar nesta imagem acima a presença de vegetação em função da umidade excessiva, a presença de material orgânico presente foi grande o suficiente para ocorrer tal situação. A circulação de ar também contribui para essa situação dos micro-organismos. Embora a retirada seja simples, o problema nos elementos estruturais e até não estruturais devem ser avaliados cautelosamente após a demolição das paredes, que será executada em algum momento da obra que será realizada de requalificação do hotel.

Figura 37: Laje com perda de revestimento em função da umidade excessiva



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 38: Presença de umidade e deterioração de uma laje.

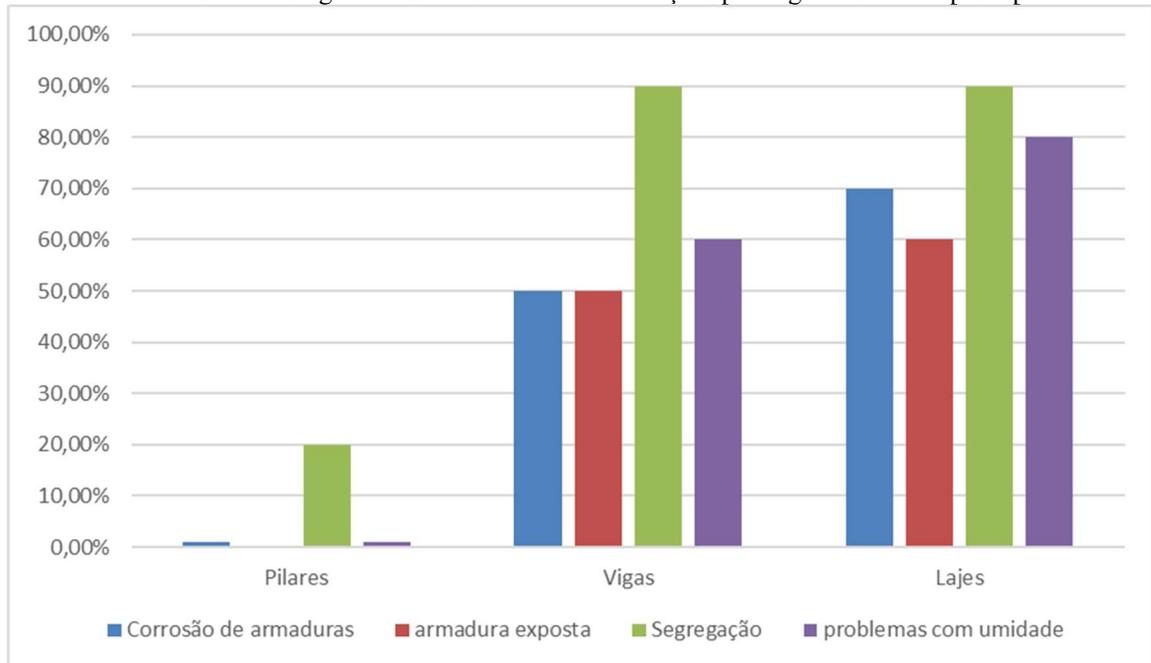


Fonte: Do Autor (2024).

Analogamente ao que foi feito ao fim do bloco térreo, o gráfico a seguir é feito com base no analisado *in loco* e com a mesma justificativa do acesso limitado em função da presença do forro. Vale ressaltar ainda que esse é o local com maiores incidências de manifestações patológicas, e a presença de umidade é provavelmente a principal causa das anomalias. Nesse

sentido, o gráfico a seguir representa o aumento das incidências em geral e o crescimento das anomalias nas lajes.

Gráfico 2: Percentagem de incidência das manifestações patológicas no bloco principal.



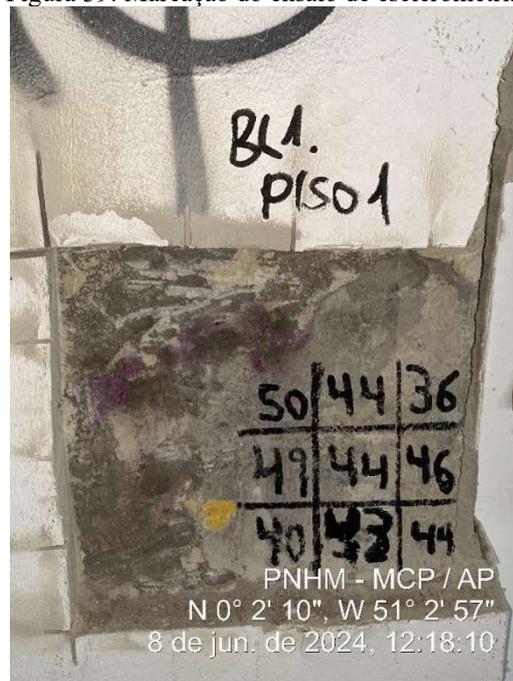
Fonte: Do Autor (2024).

4.3 ENSAIOS COMPLEMENTARES DE ESCLEROMETRIA E FENOLFTALEÍNA

Os ensaios complementares abordados foram realizados de maneira a complementar a inspeção visual realizada em formato de inspeção com base nos tópicos do IBAPE e sua norma de Inspeção Predial.

O ensaio de esclerometria foi realizado quase ao fim da inspeção predial, sendo, portanto, realizado sem a calibração devida em uma bigorna específica. Ainda assim, os testes foram realizados e os valores encontrados anotados, como pode ser visto na figura 40. Após isso, buscou-se saber o valor exato da diferença quando calibrado o equipamento, fato esse que pôde ser verificado com auxílio do Instituto Federal do Amapá (IFAP), pois o laboratório do curso de Engenharia Civil do IFAP possui uma bigorna para calibração. Com efeito, foram feitos testes com o esclerômetro ainda não calibrado e ele resultou o mesmo valor. Quando corrigido, verificou-se que a diferença dos resultados era de aproximadamente 64% para menos no parágrafo a seguir.

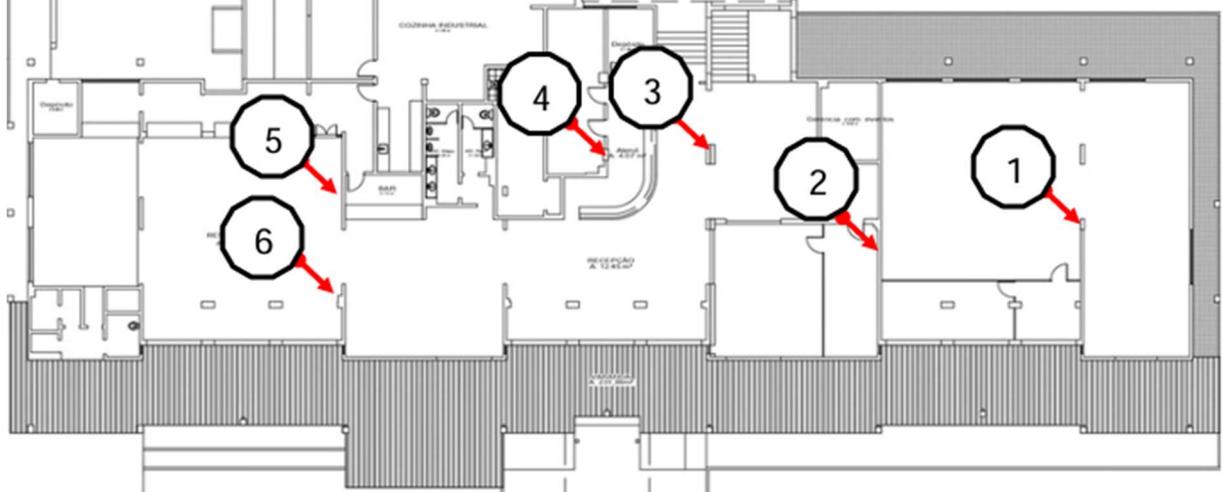
Figura 39: Marcação do ensaio de esclerometria.



Fonte: Do Autor (2024).

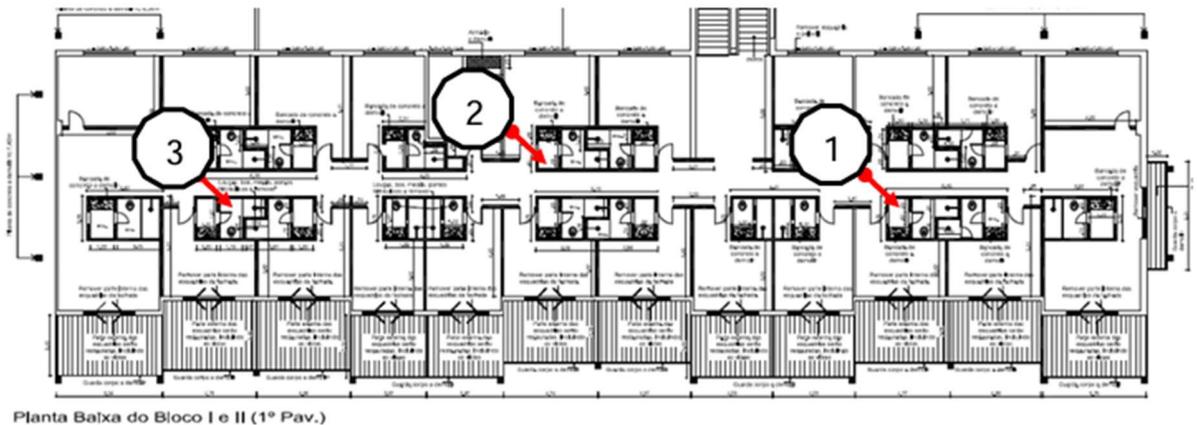
Observa-se que os valores anotados são 50, 44, 36, 49, 44, 46, 40, 43 e 44, sendo a média desses números 44. Para se obter um valor mediano mais próximo da realidade, é recomendado que seja desconsiderado valores que sejam 10% menores e 10% maiores do que a primeira média encontrada (44), nesse caso, os valores para a nova média devem estar em um intervalo de 39,6 a 48,4. Com isso, faz-se uma nova média com os valores 44, 44, 46, 40, 43, 44; com a média final sendo então 43,5. Logo, aplicando o valor de correção, basta multiplicar o valor encontrado por 64%, tendo como resultado o valor final da resistência característica do concreto (f_{ck}) de 27,84, sendo arredondado para 28 MPa (Megapascal), tal procedimento foi considerado para todos os ensaios de esclerometria. A seguir serão apresentados os locais onde foram aplicados os testes e seus resultados e ao fim será feito um resumo dos valores encontrados.

Figura 40: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (pilares) – Bloco principal – Térreo



Fonte: Adaptado de SMITH, CHANANDRY (2014).

Figura 41: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (vigas e lajes) - Bloco principal – 2º



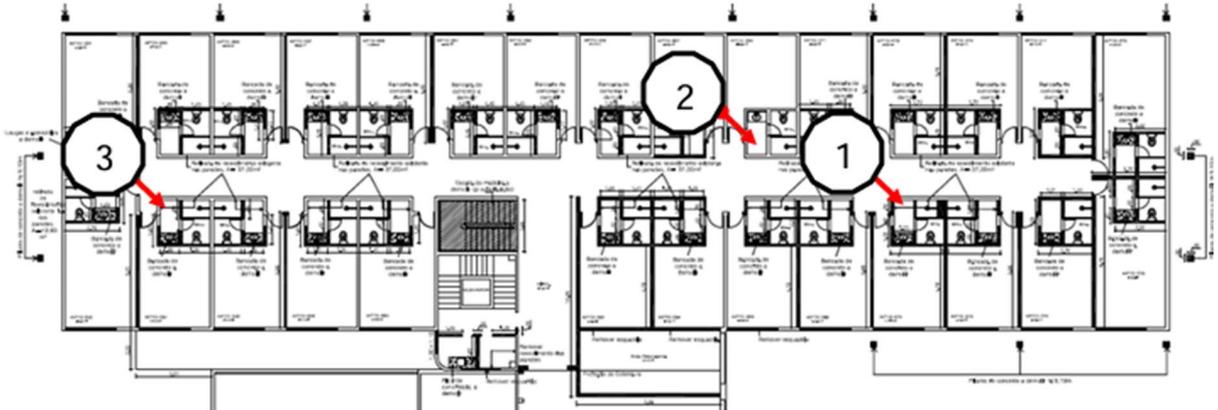
Fonte: Adaptado de SMITH, CHANANDRY (2014).

Figura 42: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (Pilares) - Bloco anexo – Térreo



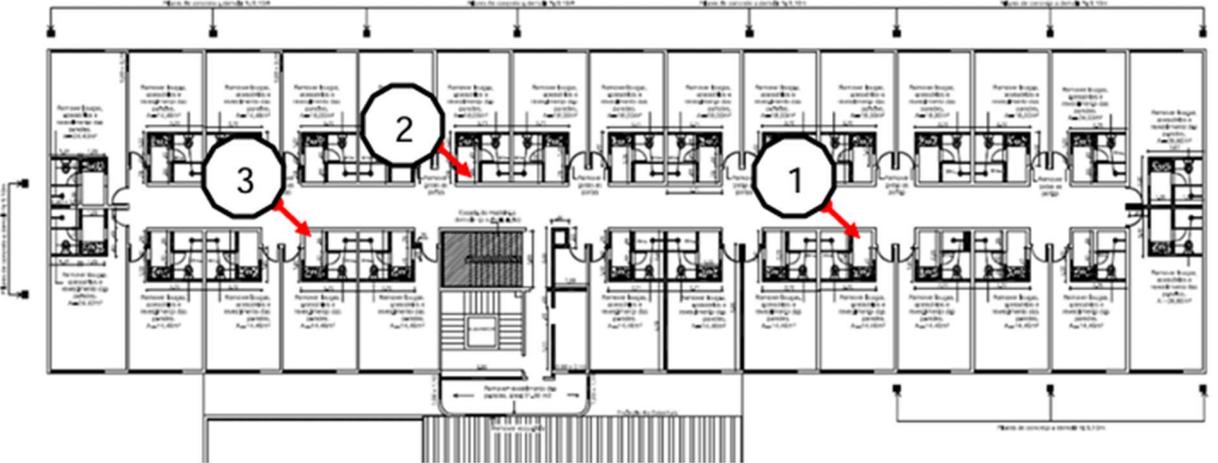
Fonte: Adaptado de SMITH, CHANANDRY (2014).

Figura 43: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e pH do concreto (Pilares) - Bloco anexo – 2º Piso



Fonte: Adaptado de SMITH, CHANANDRY (2014)

Figura 44: Pontos de realização dos ensaios de esclerometria e PH do concreto (Pilares) - Bloco anexo – 3º Piso



Fonte: Adaptado de SMITH, CHANANDRY (2014)

Resumo dos resultados do bloco principal – térreo (apenas pilares):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 28Mpa e PH > 9.8 (alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 29Mpa e PH > 9.8 (alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 32Mpa e PH > 9.8 (alcalino).
- Posição 4 – Resistência à compressão obtida: 27Mpa e PH > 9.8 (alcalino).
- Posição 5 – Resistência à compressão obtida: 25Mpa e PH > 9.8 (alcalino).
- Posição 6 – Resistência à compressão obtida: 27Mpa e PH > 9.8 (alcalino).

Resumo dos resultados do bloco principal – pavimento superior (vigas):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 27MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 25Mpa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 24Mpa e PH < 9.8 (não alcalino).

Resumo dos resultados do bloco principal – pavimento superior (lajes):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 24Mpa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 22Mpa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 25Mpa e PH < 9.8 (não alcalino).

Resumo dos resultados do bloco anexo – pavimento térreo (pilares):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 28MPa e PH > 9.8 (alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 33Mpa e PH > 9.8 (alcalino).

Resumo dos resultados do bloco anexo – primeiro pavimento (vigas):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 28MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 25MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 27MPa e PH < 9.8 (não alcalino).

Resumo dos resultados do bloco anexo – primeiro pavimento (lajes):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 23MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 22MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 24MPa e PH < 9.8 (não alcalino).

Resumo dos resultados do bloco anexo – segundo pavimento (vigas):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 24MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 25MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 26MPa e PH < 9.8 (não alcalino).

Resumo dos resultados do bloco anexo – segundo pavimento (lajes):

- Posição 1 – Resistência à compressão obtida: 22MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 2 – Resistência à compressão obtida: 25MPa e PH < 9.8 (não alcalino).
- Posição 3 – Resistência à compressão obtida: 23MPa e PH < 9.8 (não alcalino)

Os resultados dos ensaios de esclerometria evidenciam uma estrutura com resistência à compressão acima do mínimo normativo para estruturas de concreto armado (20MPa), conforme NBR 6118. Quanto as verificações da alcalinidade da estrutura, os pilares do térreo apresentaram valores acima de 9,8 (mudança de coloração do indicador) enquanto as vigas e lajes dos pisos superiores apresentaram PH abaixo de 9,8 (sem alteração de coloração do indicador), vale ressaltar que não foram analisados pilares nos pavimentos que não são térreos

em função da dificuldade de encontrar os pilares. Esses resultados foram influenciados pela presença excessiva de umidade nos elementos estruturais, principalmente nas lajes. Porém, a observação de pontos de exposição e corrosão das armaduras das lajes denotam que esses elementos, em particular, apresentam sucessibilidade a carbonatação e demais anomalias. A seguir serão apresentadas algumas imagens dos ensaios realizados em alguns elementos; como o exemplo da Figura 45, pode ser visto a denominação em destaque “BL 1, PIS2”, que significa “Bloco 01 Piso 2”.

Figura 45: Marcação do ensaio de esclerometria em uma laje.



Fonte: Do Autor (2024).

Figura 46: Marcação do ensaio de esclerometria em uma viga.



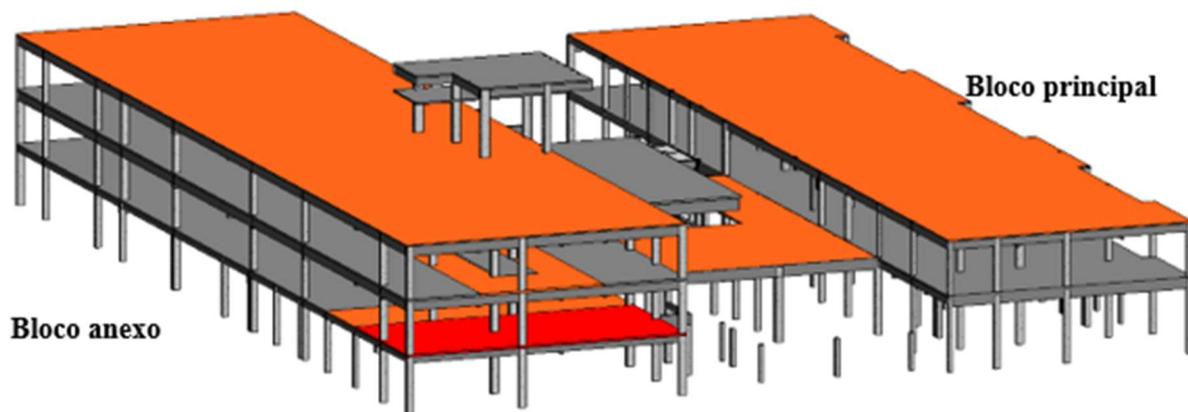
Fonte: Do Autor (2024).

4.4 RESUMO DOS RESULTADOS E POSSÍVEIS APLICAÇÕES DA ESTRUTURA CATALOGADA

Considerando os resultados da inspeção visual e dos ensaios de esclerometria e de investigação do pH dos elementos estruturais, pode-se representar, simplificadamente, utilizando uma maquete 3D com auxílio do software Revit, da Autodesk, um esquema de escala de cores que permite a visualização das zonas mais críticas em uma vista que pode ser utilizada no contexto de compatibilização de projetos em BIM (Building Information Modeling /Modelagem Da Informação Da Construção).

Tal artifício foi realizado para apenas demonstrar que é possível relacionar diretamente a estrutura e visualizar as zonas de principais graus de risco mediante a arquitetura. Nesse sentido, como haverá uma requalificação do prédio, os responsáveis pelo projeto poderiam utilizar tal processo para validar suas decisões. Diante disso, na Figura 47, os elementos estruturais na cor vermelha denotam aqueles classificados como de risco críticos durante a inspeção; os indicados em cor laranja são aqueles que apresentaram risco regular e os demais riscos mínimos (elementos na cor cinza). Vale ressaltar que os identificados com risco regular devem passar por um processo de reparo e os indicados como críticos, por um processo de reforço ou até reconstrução. Essa classificação leva em consideração que as sobrecargas não devem ultrapassar os valores típicos para hotéis (para qual foi originalmente projetada, cujo valor é de 1,5 a 2 kN/m², conforme ABNT 6120/2019). Valores devem ser validados. No entanto, é necessário ter cuidados ainda na fase de obra, pela segurança dos operadores.

Figura 47: Vista geral da estrutura catalogada e com a escala de cores conforme grau de risco.



Fonte: Do Autor (2024).

4.4.1 Possíveis soluções frente as manifestações patológicas em geral

Para os elementos estruturais classificados com grau de risco mínimo e regular, reparos podem ser suficientes. A técnica comumente empregada segundo Ripper e Souza (1998) consiste na remoção do material deteriorado, limpeza do substrato, reposição ou proteção a armadura (pintura anticorrosiva) e recomposição da estrutura (a depender da espessura a ser recomposta). Para recomposição superficial (até 5cm), de maior incidência no objeto de estudo (sobretudo nos trechos de armadura exposta nas lajes), pode-se utilizar uma argamassa polimérica.

Para recomposições mais profundas, por exemplo aquelas necessárias para fechamento de furos nas lajes nos trechos de passagens de dutos, é recomendável utilizar adesivos à base de resina epóxi (são formados por mistura de dois componentes e são isentos de solventes), os quais são usados para colagem de concreto novo com o existente como ponte de aderência antes da aplicação do novo concreto que irá vedar essas aberturas, técnica essa bem difundida e que inclusive pode aumentar as tensões de aderência (SOUZA et. al., 2018).

A impermeabilização desses elementos, principalmente as lajes de coberturas de ambos os blocos, são obrigatórias. As coberturas, apoiadas acima das lajes dos blocos, constituídas, até o momento de publicação deste trabalho, por estruturas de madeira e telhas cerâmicas devem ser totalmente refeitas, dado que a falta de manutenção causou danos permanentes e são perceptíveis alguns deslocamentos foras de norma. Fato esse corroborado também pela presença grande de umidade, como no último pavimento do bloco 02.

Para recuperação e reforço dos elementos classificados como críticos no presente trabalho, a melhor opção seria o contato com um profissional habilitado, para discutir com a parte interessada as melhores soluções, plausíveis e exequíveis. Sua demolição, apesar de ser uma opção (para futura reconstrução) dá origem a necessidade de uma estrutura provisória que garanta a estabilidade das partes adjacentes, principalmente tratando-se de colunas e lajes. Nesse sentido, um projeto de escoramento é essencial, visto que garantirá segurança para os trabalhadores que estarão em operação acima desses locais de maior risco.

5. CONCLUSÃO

No presente estudo, foi possível obter uma visão ampla das manifestações patológicas mais importantes que afetam as estruturas de concreto armado. A integração dos conceitos teóricos abordados na revisão da literatura com um estudo de caso prático mostrou-se altamente enriquecedora, permitindo não apenas identificar e compreender diversas manifestações patológicas, mas também aplicar o conhecimento teórico de maneira prática, como os ensaios de esclerometria e de verificação do pH.

Os objetivos estabelecidos no início deste estudo foram atingidos, uma vez que durante a pesquisa foi possível realizar a inspeção predial no Macapá Hotel, identificar os principais mecanismos de deterioração da estrutura, que teve como destaque a umidade e a má qualidade de execução sobretudo em alguns pontos das lajes, e posteriormente, pôde-se relacionar esses fatores com os graus de risco conforme a norma do IBAPE, além de apresentar brevemente possíveis soluções de reparo para esses locais.

Desse modo, a partir da análise dos dados, as principais manifestações patológicas encontradas no prédio foram: bolor, corrosão da armadura, desagregação, segregação e umidade. De maneira geral, a segregação é um problema presente em grande parte das vigas e lajes, bem como a desagregação em alguns pilares externos. Entretanto, a anomalia que mais assola as regiões de maior risco no prédio é a exposição junto à corrosão de armaduras, ocorrendo nas áreas das lajes principalmente acima dos banheiros encontrados no hotel, pois todo quarto tem o mesmo problema das tubulações inadequadas, logo, possui as anomalias citadas. Elas, inclusive, assolam o local de risco crítico, localizado na laje acima do vestiário.

Assim, evidencia-se que os resultados corroboram com o que fora descrito na hipótese do trabalho, explicitando o fato de que as manifestações patológicas são resultado da exposição da estrutura ao meio ambiente ou de falhas no processo construtivo.

Esses resultados ressaltam a necessidade de uma análise minuciosa da condição da estrutura, bem como a implementação de medidas corretivas apropriadas para assegurar sua segurança e longevidade. Ações como reparo, reforço e impermeabilização são cruciais para atenuar os impactos das patologias identificadas e garantir a estabilidade e funcionalidade geral da estrutura, sobretudo no objeto do estudo de caso, por ser uma antiga estrutura, passar por uma requalificação requer maiores cuidados ainda.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros e aprofundamento dessa pesquisa, os seguintes temas se fazem pertinentes:

- Analisar computacionalmente a estrutura atual, com base nos dados obtidos neste trabalho de resistência do concreto, e propor soluções mais específicas para as anomalias;
- Investigar a qualidade e resistência do concreto por meio de ensaios de prova de carga, para verificar as limitações da estrutura com maior precisão e complementar os ensaios não destrutivos realizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 228.1R-03: In-Place Methods to Estimate Concrete Strength**. In: MCP 2007 – ACI Manual of Concrete Practice, ACI Committee 228. Detroit: 2007, 44p.
- ARIVABENE, Antonio Cesar. **Patologias em Estruturas de Concreto Armado Estudo de Caso**. Revista Especialize On-line IPOG, v. 1, n. 10, p. 1-22, dez. 2015.
- 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.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16747: Inspeção predial — Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2020. 14 p.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BRITO, T. F. **Análise de Manifestações Patológicas na Construção Civil pelo método GUT: estudo de Caso em uma Instituição Pública de Ensino Superior**. 2017. 78 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- CAVALCANTI, A. N.; CAVALCANTI, G. A. D. **Inspeção técnica do píer de atracação de Tambaú**. Revista Concreto, n. 57, pg. 45-57, 2010.
- 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.
- DOS SANTOS, C. R.; DA SILVA, D.; DO NASCIMENTO, I. M. **Incidência de Manifestações Patológicas em Edificações Residenciais na Região Metropolitana do Recife (RMR)**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 3, 28 ago. 2017.
- FARIAS, Amaro. **Indicadores**. Química Analítica Quantitativa, Curso Técnico em Química, Guaíba, 2012. Disponível em: Acesso em: 01 nov. 2024.
- 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 out. 2024.
- 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**. Técnica: Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, v. 19, n. 174, p. 72-77, 2011.

- 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.
- HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1992.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **IAEA-TCS-17: Destructive Testing of Concrete Structures**. Viena: 2002, 231 p. 17: Guidebook on Non.
- 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.
- 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.
- MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. **Manual de Soluções Reagentes e Solventes**. 2ª ed. Editora Edgard Blucher, 2007.
- NEVES, Daniel Rodrigues Rezende; BRANCO, Luiz Antônio MN. **Estratégia de inspeção predial**. CONSTRUINDO, 2009.
- 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.
- PROCEQ SA. **Instruções operacionais: Martelo de teste de concreto**. 2017. Disponível em: <https://media.screeningeagle.com/asset/Downloads/OrginalSchmidt_Operating%20Instructions_Portuguese_high.pdf>. Acesso em: 30 out. 2024.
- RIBEIRO, D. V., HELENE, P. **Corrosão em Estruturas de Concreto Armado**. “Teoria, Controle e Métodos de Análise”. Rio de Janeiro: Editora CAMPUS, 2014. 1 ed.

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

SILVA, M. A. F. **Ação da carbonatação em vigas de concreto armado em serviço, construídas em escala natural e reduzida**. 2007. 279 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. 279p.

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

SOUZA, R. H; TAVARES, M. E; FERNANDES, D. V. **Avaliação da aderência de barras de aço coladas ao concreto com resina epóxi**. Revista *ibracon* de estruturas e materiais, volume 11, p. 598–619, jun. 2018.

TUTIKIAN, B; PACHECO; M. **Boletín Técnico - Inspección, Diagnóstico y Prognóstico en la Construcción Civil**. Merida, 2013.

VIEIRA, F.N. **Proposta de elaboração de plano de manutenção para edificações a partir da obrigatoriedade legal da inspeção predial no contexto urbano das cidades**. 2015. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.