

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

BRENNER HAYDEN FREIRE DANTAS

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO MÉTODO GDE/UNB

Manaus

2023

BRENNER HAYDEN FREIRE DANTAS

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO MÉTODO GDE/UNB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil, da Universidade
Federal do Amazonas, como requisito parcial
para a Obtenção do grau de Bacharel em Meu
curso.

Orientador: DR. JOÃO DE ALMEIDA MELO FILHO

Manaus
2023

BRENNER HAYDEN FREIRE DANTAS

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE
CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO MÉTODO GDE/UNB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Civil, da Universidade
Federal do Amazonas, como requisito parcial
para a Obtenção do grau de Bacharel em Meu
curso.

Manaus, 2 de junho de 2023

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

D192m Dantas, Brenner Hayden Freire
Avaliação de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado através do método GDE/UnB / Brenner Hayden Freire Dantas . 2023
98 f.: il.; 31 cm.

Orientador: João de Almeida Melo Filho
TCC de Graduação (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas.

1. As principais manifestações patológicas. 2. Patologia em concreto armado. 3. Metodologia GDE/UnB. 4. Manifestações patológicas. 5. Patologias das construções. I. Filho, João de Almeida Melo. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Departamento de Engenharia Civil

ANEXO

Folha de Aprovação

Brenner Hayden Freitas Dantas

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DO MÉTODO GDE/UNB

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 27 de Junho de 2023.

Banca examinadora:

Prof. Dr. João de Almeida Melo Filho - UFAM (Orientador)

Prof. Dr. Raimundo Pereira de Vasconcelos - UFAM

Prof. Dr Regis Pamponet da Fonseca



Documento assinado eletronicamente por **João de Almeida Melo Filho, Professor do Magistério Superior**, em 01/07/2023, às 17:49, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Regis Pamponet da Fonseca, Professor do Magistério Superior**, em 02/07/2023, às 08:49, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raimundo Pereira de Vasconcelos, Professor do Magistério Superior**, em 03/07/2023, às 11:07, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1575417** e o código CRC **E241B981**.

Av. Octávio Hamilton Botelho Mourão - Bairro Coroado 1 Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte - Telefone: (92) 3305-1181
CEP 69080-900, Manaus/AM, decft@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.003996/2023-37

SEI nº 1575417

RESUMO

O presente trabalho consiste em aplicar a metodologia Grau de Deterioração dos Elementos (GDE/UnB) em elementos estruturais de concreto armado, focando em pilares, vigas e lajes do primeiro pavimento do edifício pilotis nas torres A e B. A metodologia consiste em realizar uma inspeção visual no local de estudo de caso, atribuindo pesos e notas de acordo com as manifestações patológicas encontradas, para determinar o grau de deterioração de cada elemento individualmente. Em seguida, é calculado o grau de deterioração da família de elementos, ou seja, de todos os pilares, vigas ou lajes da mesma torre, a fim de avaliar a qualidade geral da estrutura. Por fim, é calculado um grau de dano global para definir o nível de deterioração da torre examinada.

O estudo de caso foi realizado no Edifício Sol Morar, localizado em Manaus, que possui duas torres, sendo a torre A e B com 12 e 24 apartamentos, respectivamente. Foram realizadas inspeções visuais para identificar as manifestações patológicas presentes na estrutura, como corrosão, fissuras, carbonatação, deslocamento e umidades. Com base nas informações obtidas, foram classificadas as patologias encontradas e propostas soluções adequadas para cada uma delas, visando garantir maior segurança e durabilidade das estruturas.

Com base nos dados coletados, é possível concluir que há um número significativo de problemas de manifestações patológicas no edifício Sol Morar, especialmente nos pilares da torre B. As soluções propostas envolvem reparos específicos para cada tipo de patologia identificada, como remoção do concreto degradado, aplicação de inibidores de corrosão e recomposição do concreto.

Em resumo, o estudo de caso realizado no Edifício Sol Morar utilizando a metodologia GDE/UnB permitiu identificar, analisar e classificar as principais manifestações patológicas presentes na estrutura. As soluções propostas visam melhorar a segurança e a durabilidade das estruturas de concreto armado, contribuindo para a compreensão dessas patologias e fornecendo diretrizes para intervenções adequadas.

Palavras-chave: As principais manifestações patológicas. Patologia em concreto armado. Metodologia GDE/UnB. Manifestações patológicas. Patologia das construções.

ABSTRACT

The present work consists of applying the Degree of Deterioration of Elements (GDE/UnB) methodology in structural elements of reinforced concrete, focusing on pillars, beams and slabs of the first floor of the pilotis building in towers A and B. The methodology consists of carrying out a visual inspection at the case study location, assigning weights and grades according to the pathological manifestations found, to determine the degree of deterioration of each element individually. Then, the degree of deterioration of the family of elements is calculated, that is, of all the pillars, beams or slabs of the same tower, in order to assess the general quality of the structure. Finally, a degree of global damage is calculated to define the level of deterioration of the examined tower.

The case study was carried out at the Sol Morar Building, located in Manaus, which has two towers, tower A and B with 12 and 24 apartments, respectively. Visual inspections were carried out to identify the pathological manifestations present in the structure, such as corrosion, cracks, carbonation, displacement and humidity. Based on the information obtained, the pathologies found were classified and appropriate solutions were proposed for each one of them, aiming to guarantee greater safety and durability of the structures.

Based on the data collected, it is possible to conclude that there are a significant number of problems with pathological manifestations in the Sol Morar building, especially in the pillars of tower B. The proposed solutions involve specific repairs for each type of pathology identified, such as removal of degraded concrete, application of corrosion inhibitors and recomposition of concrete.

In summary, the case study carried out at the Sol Morar Building using the GDE/UnB methodology allowed identifying, analyzing and classifying the main pathological manifestations present in the structure. The proposed solutions aim to improve the safety and durability of reinforced concrete structures, contributing to the understanding of these pathologies and providing guidelines for appropriate interventions.

Keywords: The main pathological manifestations. Pathology in reinforced concrete. GDE/UnB Methodology. Pathological manifestations. Construction pathology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FISSURAÇÃO OCACIONADA POR RETRAÇÃO DE SECAGEM DAS ARGAMASSAS	27
FIGURA 2 - PROCESSO DA OCORRÊNCIA DA CORROSÃO DE ARMADURA	29
FIGURA 3 - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE CORROSÃO DE ARMADURA	30
FIGURA 4 - DESPLACAMENTO	32
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE CORROSÃO DE ARMADURA	33
FIGURA 6 - COBRIMENTO INADEQUADO DO PILAR	34
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DA ESTRUTURA	37
FIGURA 8 - LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO SOL MORAR.....	45
FIGURA 9 - EDIFÍCIO SOL MORAR.....	46
FIGURA 10 – CROQUI DO PAVIMENTO SUPERIOR DA TORRE A	48
FIGURA 11 - PILAR 4 - CARBONATAÇÃO (Fi=3), CORROSÃO (Fi= 2) E DESPLACAMENTO (Fi= 3)	49
FIGURA 12 - PILAR 13 - DESPLACAMENTO (Fi = 3)	50
FIGURA 13 - PILAR 16 - CARBONATAÇÃO (Fi=3), CORROSÃO (Fi= 3) E DESPLACAMENTO (Fi= 3).	50
FIGURA 14 - PILAR 18 – CARBONATAÇÃO (Fi=3), CORROSÃO (Fi=3) E DESPLACAMENTO (Fi=4)	51
FIGURA 15 - PILAR 23 – CARBONATAÇÃO (Fi=3), CORROSÃO (Fi=3) E DESPLACAMENTO (Fi=3)	52
FIGURA 16 - PILAR 25 - DESPLACAMENTO (Fi = 2)	52
FIGURA 17 - VIGA 1 - CARBONATAÇÃO (Fi=4), COBRIMENTO DEFICIENTE (Fi=3), CORROSÃO (Fi = 3) E DESPLACAMENTO (Fi =4)	54
FIGURA 18 - VIGA 14 - EFLORESCÊNCIA (Fi=3), DESPLACAMENTO (Fi=2) E CORROSÃO DE ARMADURA (Fi=2) NA LAJE 15	55
FIGURA 19 - VIGA 15 - FISSURAS (Fi=2).....	56
FIGURA 20 - VIGA 20 - MANCHAS (Fi=3) E LAJE 18 - CORROSÃO (Fi=2)	56
FIGURA 21 - VARANDA DA LAJE 13 – EFLORESCÊNCIA (Fi=4) E DESPLACAMENTO (Fi=2)	57
FIGURA 22 - LAJE 16 – CARBONATAÇÃO (Fi=2), COBRIMENTO DEFICIENTE (Fi=2) E CORROSÃO (Fi=2), E DESPLACAMENTO (Fi=3).....	58
FIGURA 23 - CROQUI DO PAVIMENTO DA TORRE B.....	59

FIGURA 24 – PILAR 2 – EFLORESCÊNCIA (F _i =3).....	59
FIGURA 25 - PILAR 16 – CARBONATAÇÃO (F _i =3), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =4) E DESPLACAMENTO (F _i =4).....	60
FIGURA 26 - PILAR 25 - CARBONATAÇÃO (F _i =3), CORROSÃO (F _i =3) E DESPLACAMENTO (F _i =4)	61
FIGURA 27 - PILAR 38 – CARBONATAÇÃO (F _i =3), CORROSÃO (F _i =4) E DESPLACAMENTO (F _i =4)	61
FIGURA 28 - PILAR 45 – CARBONATAÇÃO (F _i =3), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =2) E DESPLACAMENTO (F _i =4)	62
FIGURA 29 - VIGA 1 - EFLORESCÊNCIA (F _i =3)	62
FIGURA 30 - VIGA 2 - CORROSÃO (F _i =2) E DESPLACAMENTO (F _i =3)	63
FIGURA 31 - VIGA 2 - CARBONATAÇÃO (F _i =3), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =3) E DESPLACAMENTO (F _i =3)	63
FIGURA 32 - VIGA 3 - CARBONATAÇÃO (F _i =3), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =2), CORROSÃO (F _i =2) E DESPLACAMENTO (F _i =2)	64
FIGURA 33 - VIGA 21 – CARBONATAÇÃO (F _i =3), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =2), CORROSÃO (F _i =3) E DESPLACAMENTO (F _i =3)	64
FIGURA 34 - VIGA 31 – INFILTRAÇÃO (F _i =3)	65
FIGURA 35 - VIGA 33 - INFILTRAÇÃO (F _i =2).....	65
FIGURA 36 - LAJE 1 - MANCHAS (F _i =2)	66
FIGURA 37 - LAJE 8 - CARBONATAÇÃO (F _i =4), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =4), EFLORESCÊNCIA (F _i =3), DESPLACAMENTO (F _i =4). INFILTRAÇÃO (F _i =3) E MANCHAS (F _i =2).....	67
FIGURA 38 - LAJE 11 - CARBONATAÇÃO (F _i =2), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =3) E DESPLACAMENTO (F _i =3).....	68
FIGURA 39 - LAJE 25 – DESPLACAMENTO (F _i =3), EFLORESCÊNCIA (F _i =3), E INFILTRAÇÃO (F _i =3) E MANCHAS (F _i =2).....	68
FIGURA 40 - LAJE 30 - CARBONATAÇÃO (F _i =3), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =4) E DESPLACAMENTO (F _i =3).....	69
FIGURA 41 - LAJE 32 - CARBONATAÇÃO (F _i =4), COBRIMENTO DEFICIENTE (F _i =3), CORROSÃO (F _i =3) E DESPLACAMENTO (F _i =4).....	69

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CLASSIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS ETAPAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS	19
GRÁFICO 2 - EVOLUÇÃO DOS CUSTOS EM RELAÇÃO AS FASES DO PROJETO	20
GRÁFICO 3 - DIFERENÇAS ENTRE OS DESEMPENHOS DOS MATERIAIS EM RELAÇÃO A MANUTENÇÃO E SEM MANUTENÇÃO FRENTE A VIDA ÚTIL DO MATERIAL	23
GRÁFICO 4 - COMPARATIVO DOS PILARES DA TORRE A E B EM RELAÇÃO A CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO.....	71
GRÁFICO 5 - COMPARAÇÃO DE PILARES DAS TORRES A E B	72
GRÁFICO 6 - COMPARATIVO DOS PILARES DA TORRE A E B EM RELAÇÃO A CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO.....	73
GRÁFICO 7 - COMPARAÇÃO ENTRE VIGAS DAS TORRES A E B	74
GRÁFICO 8 - COMPARATIVO DAS LAJES ENTRE AS TORRES A E B.....	75
GRÁFICO 9 - COMPARAÇÃO DE LAJES DAS TORRES A E B	76

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - NORMA BRASILEIRA DE DESEMPENHO EM EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS.....	21
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DAS FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS.....	26
QUADRO 3 - TIPOS DE FISSURAS	27
QUADRO 4 - FATORES CONDICIONADOS A EXPOSIÇÃO.....	31
QUADRO 5 - FATORES CONDICIONADOS A CARACTERÍSTICA DO CONCRETO	31
QUADRO 6 - INFILTRAÇÃO, BOLOR, MOFO E EFLORESCÊNCIA.....	35
QUADRO 7 - VIGAS	38
QUADRO 8 - LAJES.....	39
QUADRO 9 - PILARES	39
QUADRO 10 - FATORES DE INTENSIDADE (Fi).....	40
QUADRO 11 - NÍVEL DE DETERIORAÇÃO DA PEÇA ESTRUTURAL	42
QUADRO 12 - FATOR DE RELEVÂNCIA ESTRUTURAL	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - INCIDÊNCIA DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	24
TABELA 2 - PERCENTUAL DAS PRINCIPAIS CAUSAS DE PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	24
TABELA 3 - GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL DA ESTRUTURA DA TORRE A.....	76
TABELA 4 - GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL DA ESTRUTURA DA TORRE B	77
TABELA 5 - FATORES DE INTENSIDADE DO DANO	83
TABELA 6 – PILARES DA TORRE A	86
TABELA 7 - GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE ELEMENTOS DOS PILARES DA TORRE A	87
TABELA 8 – VIGAS DA TORRE A	87
TABELA 9 - GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE ELEMENTOS DAS VIGAS DA TORRE A	88
TABELA 10 – LAJES DA TORRE A.....	88
TABELA 11 - GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE ELEMENTOS DAS LAJES DA TORRE A	90
TABELA 12 - PILARES DA TORRE B	91
TABELA 13 - GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE ELEMENTOS DOS PILARES DA TORRE B	93
TABELA 14 - VIGAS DA TORRE B	93
TABELA 15 - GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE ELEMENTOS DAS VIGAS DA TORRE B	95
TABELA 16 - LAJES DA TORRE B.....	95
TABELA 17 - GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA FAMÍLIA DE ELEMENTOS DAS LAJES DA TORRE B	97

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	14
1.2 OBJETIVO GERAL.....	14
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	15
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 CLASSIFICAÇÕES DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	17
2.2 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS NAS EDIFICAÇÕES	20
2.3 PRINCIPAIS CAUSAS DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	23
2.4 PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DAS EDIFICAÇÕES.....	25
2.5 METODOLOGIA GDE/UNB PARA QUANTIFICAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO.....	35
2.6 FORMULAÇÕES PARA METODOLOGIA GDE/UNB	41
3 METODOLOGIA	44
3.1 ESTUDO DE CASO	44
3.2 ESCOLHA DO MÉTODO GDE/UNB	44
3.2 MATERIAIS	46
4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	47
4.1 TORRE A.....	47
4.2 TORRE B.....	59
4.3 ANÁLISE DE RESULTADOS	70
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
ANEXO A – FATORES DE INTENSIDADE DO DANO	83

ANEXO B – TORRE A	86
ANEXO C – TORRE B	91

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o ser humano sempre teve a necessidade de ter um lugar para se abrigar, o que levou ao desenvolvimento de diversas estruturas com diferentes funções. Os edifícios são construções destinadas a abrigar diversas atividades, como moradia, cultura, lazer, serviços e indústrias, entre outras.

Uma edificação pode se referir a diversos tipos de estruturas, como casas, prédios, apartamentos, galpões, igrejas, aeroportos, ginásios de esportes, torres de comando, postos de gasolina, entre outros, que são utilizados para diversas atividades realizadas pelo homem, sejam elas habitacionais, culturais, sociais, de serviços ou industriais.

Durante a evolução da humanidade, o ser humano sempre teve a preocupação de construir edificações que atendessem às suas necessidades específicas, oferecendo-lhe conforto, segurança e bem-estar. Essas construções representam o resultado de um processo contínuo de aprimoramento que tem contribuído para o progresso e sucesso da humanidade.

De acordo com Ripper e Souza (1998), o ser humano passou a buscar métodos científicos para consolidar o desenvolvimento das estruturas, passando a permitir o progresso da tecnologia da construção, contendo concepção estrutura, análise, detalhamento das estruturas, a tecnologia dos materiais e as técnicas construtivas adequadas.

A construção de uma edificação envolve diversas etapas, desde a concepção da ideia até a execução e uso da estrutura. Durante esse processo, é possível que ocorram falhas ou descuidos que resultem em vícios e problemas construtivos. Para evitar esses problemas, é fundamental que haja um gerenciamento adequado de cada etapa da construção, com um controle rigoroso de qualidade em todas as etapas. Essa é uma tarefa desafiadora na engenharia civil, que exige atenção e cuidado constante para garantir a qualidade e segurança das edificações. (HELENE, 1992).

Segundo Oliveira (2013), a patologia é uma área da engenharia que se dedica a compreender os sinais, causas, mecanismos e origens das falhas em estruturas, ou seja, é responsável pela análise dos problemas detectados. Estudando as origens dos vícios em construções é possível evitar que problemas patológicos ocorram com frequência nas edificações atuais (DO CARMO, 2003 APUD ZUCHETTI, 2015).

De acordo com Cánovas (1988), as patologias são um elemento da engenharia que estuda mecanismos, os sintomas, as causas, e as origens dos problemas das edificações. Por

meio desse estudo, é possível em alguns casos fazer um diagnóstico somente através de uma visita técnica *in loco*, através da experiência do patologista e conhecimento técnico, todavia, em outros casos, o problema é mais especializado e complicado de investigar as patologias apenas através do campo visual e portanto, precisa-se de outros mecanismos auxiliares para solucionar esses problemas como: apurar as solicitações em que o carregamento foi submetido, analisar se a execução foi realizada da maneira correta e até mesmo a verificação de uma possível falha na etapa do projeto.

A construção civil tem apresentado um aumento significativo do custo dos materiais e mão de obra, contribuindo para uma maior exigência dos consumidores, acarretando o maior cuidado das construtoras com as etapas de construção civil. As edificações têm um tempo de vida útil que pode ser acelerado ou retardado, de acordo com três critérios: Etapa do projeto, execução e reparos preventivos. Os fatores ambientais apresentam uma grande influência nos processos degradantes dos materiais, principalmente ao incentivo da corrosão das estruturas em concreto armado.

Através de um controle de qualidade mais rígido e criterioso, pode-se aprimorar não só o processo construtivo como também a matéria prima, tornando os problemas de patologias mais raros. Contudo, se ainda assim ocorrer as manifestações patológicas, é imprescindível sua identificação e solução de alternativa de intervenção para aplicação de um método de análise do problema. Baseado em estudos de conhecimento teórico e prático do profissional e pela ampla propagação dos métodos aplicados no tratamento das dificuldades expostas, por meio de coleta de informações e dados relevantes, no qual existam pesquisas específicas dos métodos e tecnologias utilizados durante o processo de solução do problema. (DO CARMO, 2003 apud ZUCHETTI, 2015).

Além do mais, o entendimento do autor que ocasionou o problema é essencial para determinar a terapêutica apropriada para a problemática em questão, visto que se tratarmos os sintomas sem excluir a causa, o problema poderá aparecer novamente.

Segundo Lapa (2008), o profissional específico da área busca maiores informações para dar o parecer, já que, inicialmente não se tem certeza de suas causas reais. O engenheiro patologista, portanto, imagina hipóteses e verifica a veracidade dos dados acessíveis, logo não há certeza, mas sim uma redução drástica do número de dúvidas, então sempre haverá um grau de incerteza, no qual a eficácia será estabelecida em conformidade com a resposta da estrutura vistoriada ou analisada.

1.1 Justificativa

A finalidade da pesquisa é apresentar os problemas mais frequentes na construção civil, abordar suas causas e possíveis soluções, indicando alternativas na etapa de concepção da construção, discutindo o tema de forma compreensiva e simples, a fim de alertar aos profissionais da engenharia civil, tratando as causas e consequências do mau dimensionamento e planejamento inadequado na implementação em edificação Residencial Multifamiliar no município de Manaus.

Com o desenvolvimento acelerado nos últimos tempos da construção civil foi realizado diversas obras tanto no setor público quanto no privado. A questão discutida no trabalho diz respeito da qualidade destas obras privadas, em especial em edificações residenciais. Essas edificações têm sido afetadas pelas suas construções, apresentando números alarmantes, com a presença de patologias em níveis mais frequentes e graves. O propósito do trabalho visa auxiliar a edificação Sol Morar, através de um levantamento de manifestação patológicas a respeito dessas construções, especialmente em estrutura de concreto armado.

Atualmente, observa-se a presença de muitas patologias nas construções modernas ou com reparos recentes, trazendo uma grande preocupação acerca da segurança das estruturas nessas edificações. Constata-se que grande parte das obras são realizadas com uma economia tanto no setor público quanto no setor privado, como um acabamento superficial ou armadura insuficiente, que acaba por mascarar as manifestações patológicas da edificação que futuramente virão a acontecer.

Deste modo, o interesse do cumprimento deste trabalho é justamente em avaliar de forma qualitativa a edificação do condomínio Sol Morar, no qual será feito um estudo para estabelecer as causas e propor alternativas de intervenções, apenas em questões estruturais.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar as principais manifestações patológicas de forma qualitativa, nas estruturas de concreto armado na edificação Residencial Multifamiliar no município de Manaus.

1.3 Objetivos específicos

Realizar levantamento *in loco* da estrutura de concreto com identificação e registro das principais manifestações patológicas;

Analisar e avaliar as principais causas das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado;

Utilizar o método GDE/UnB, classificando as patologias de acordo com a sua gravidade;

Propor alternativas de intervenção.

1.4 Delimitação da pesquisa

Este estudo limitou-se a edificação Sol Morar como estudo de caso, localizado no centro urbano de Manaus, apresentando propostas e dados interessantes para o estudo. Os métodos utilizados servem como base para análises em qualquer lugar do Brasil, levando as devidas considerações sazonais e das peculiaridades da região norte.

1.5 Estrutura do Trabalho

O capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica onde são tratados diversos temas sobre patologia na construção civil, iniciando por um breve conceito de patologia na construção civil, pelos tipos de patologias, as origens e causas das falhas das edificações e, por fim, a identificar os problemas mais frequentes que acometem as construções de modo geral.

A metodologia do projeto foi empregada no capítulo 3, o qual é descrito acerca das edificações residenciais, sua localização, projeto arquitetônico, assim como materiais e ferramentas utilizadas para o alcance dos objetivos indicados. Foi realizada a metodologia GDE/UnB, o qual classifica cada patologia de acordo com o grau de deterioração da estrutura de concreto armado.

No capítulo 4 é apontada uma análise da coleta dos dados da qualidade das principais manifestações patológicas na edificação, a fim de evidenciar sistematizar o diagnóstico e focar nos elementos construtivos que apresentaram os níveis mais baixos.

Continuando no capítulo 4, é feito uma análise comparativa entre as torres A e B da edificação do estudo de caso em relação aos dados das principais manifestações patológicas encontradas na literatura, apresentando várias comparações em termos de distribuição percentual e de números absolutos em relação aos elementos estruturais analisados no estudo de caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No dicionário, o conceito de patologia é definido como parte da medicina que estuda as doenças, ou seja, a palavra patologia é oriunda do grego de “phatos” que tem sentido de sofrimento, doença e a palavra “logia” significa ciência, estudo. Então, de acordo com os dicionários, pode-se determinar que a patologia é a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. (NAZARIO; ZANCAN, 2011).

Segundo Gaiofatto (2005, apud Pozzobon, 2018), a patologia nas edificações passou a ficar conhecida em 1970 juntos com os conceitos relacionados ao termo da medicina tradicional, como exemplo os diagnósticos, terapias e até anamnese.

Observou-se que, da mesma maneira que um ser vivo qualquer, a “saúde” das construções depende de diversos cuidados, iniciando pelo processo durante a sua “gestação” (fase do projeto), em seguida, durante seu crescimento (fase da construção) e por fim, ao longo de toda sua vida útil (manutenção), caso todo esse processo não tenha os devidos cuidados, a edificação fica sujeita a “doenças”, ou seja, patologia. (GRANDISKI, 1995).

2.1 Classificações das manifestações patológicas

Segundo Pedro et al. (2002), as manifestações patológicas podem ser classificadas em: congênitas, construtivas, adquiridas e acidentais.

Nas congênitas, surgem na fase de projeto e ocorrem pela ausência de observações das Normas Técnicas, além disso, por falhas e descuidos dos profissionais, gerando falhas no detalhamento e execução indevida para a edificação. (PEDRO *et al*, 2002)

Nas construtivas, Pedro *et al* (2002) fala que o aparecimento dessas patologias está diretamente ligado as etapas de execução da obra, ocorre principalmente no emprego de mão de obra limitada, materiais não certificados ou de baixa qualidade e falta de metodologia para a execução de serviços.

Na etapa das adquiridas, as patologias surgem durante a vida útil da construção e são causadas pela exposição do meio em que se inserem e na última etapa de manifestações acidentais, as patologias ocorrem por algum fenômeno atípico, ocasionado por algum esforço anormal. (PEDRO *et al*, 2002).

Ferreira (2010), afirmou as causas dos três principais fatores de danos aos sistemas construtivos: Concepção e projeto, execução e utilização.

Na Concepção e projeto é destacado a inexistência de um projeto, má concepção, inadequação ao ambiente (de natureza geotécnica, geofísica e/ou climática), inadequação a condicionamentos técnicos ou econômicos, informações insuficientes, erro no detalhamento, na representação, na escolha e no quantitativo dos materiais e modelos errôneos de análise ou de dimensionamento.

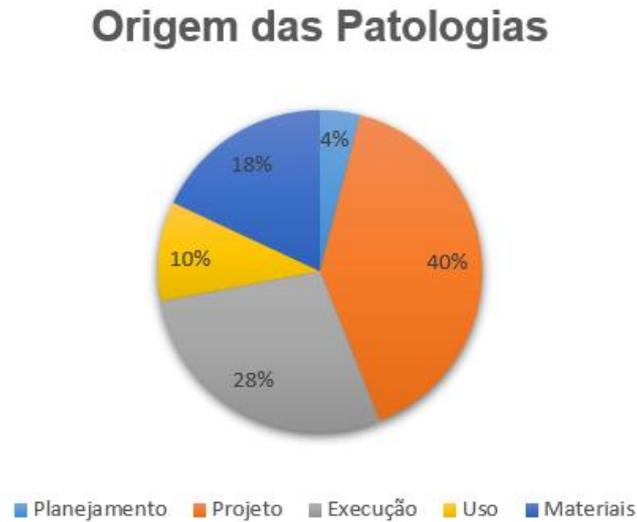
No processo de execução, é constatado vários erros entre não conformidade entre o que foi projetado e o que foi executado, baixa qualidade dos materiais empregados na edificação, ausência de preparação e qualificação da mão de obra utilizada, manuseamento e processos impróprios de materiais, má interpretação do projeto, falta ou escassez de fiscalizações, alterações indevidas das soluções de projeto, abrangendo os materiais propostos.

Na etapa da utilização ocorre alteração das condições de utilização projetadas, acarretando num possível agravamento das estruturas, já que as ações solicitadas são alteradas. Remodelações e alterações mal estudadas; materiais degradados; falta, deficiência ou manutenção imprópria.

As fases de planejamento, projeto, fabricação e construção aparecem num período menor que dois anos como resultado de manifestações patológicas, contudo, durante sua vida útil seus danos podem surgir depois de muitos anos. Por isso que é essencial encontrar a etapa em que a manifestação patológica obteve os vícios construtivos, inclusive a atribuição de responsabilidade civis. (MACHADO, 2002).

De acordo com Helene e Pereira (2007), relatam que os processos de construção e uso podem ser classificados em até cinco etapas, dentre elas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e elementos fora da obra. A maior parte dos problemas situa-se nas etapas de planejamento e projeto, conforme é mostrado no gráfico 1.

Gráfico 1 - Classificação das principais etapas dos problemas patológicos



Fonte: Adaptado pelo autor Helene (1992).

O gráfico 1 apresenta as origens dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso de das obras civis, nota-se que a etapa de projeto é mais recorrente que a qualidade dos materiais e erros de execução, portanto, a etapa de projeto exige muito mais cautela e disposição de tempo para realizar projetos completos e bem detalhados.

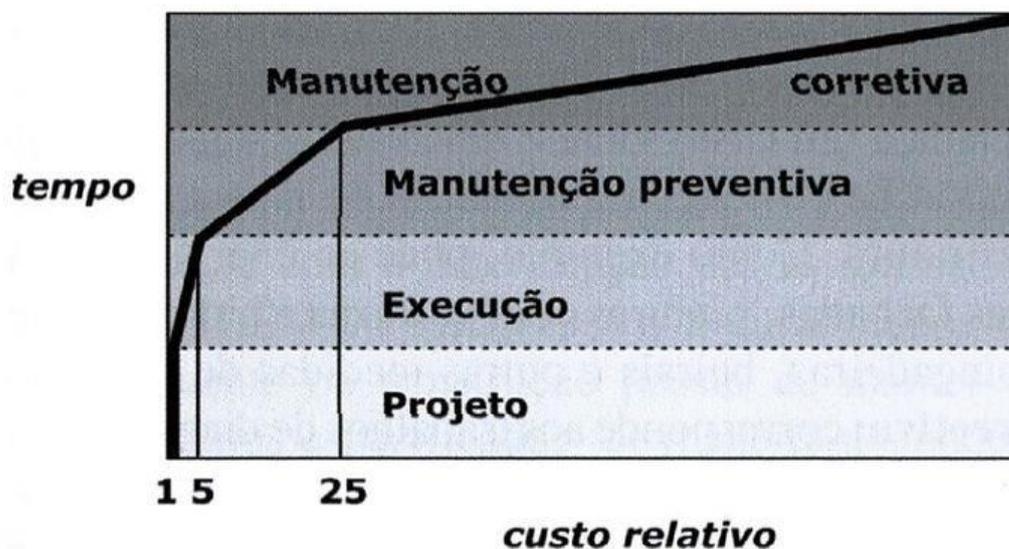
Para Ripper e Souza (1998), à medida que as etapas dos processos construtivos são executadas, maior é o aumento no custo e nas dificuldades técnicas para recuperar a estrutura, então, as falhas descobertas na etapa de concepção ou projeto apresentam um custo menor ou menos dificuldade para recuperação do que um erro apenas na fase final de utilização. A manutenção em atraso de uma manifestação patológica, ocasionam reparos ficam mais difíceis e onerosos. A lei de evolução dos custos (Lei de Sitter) mostra o aumento dos custos apresentando uma progressão geométrica de razão 5, entre as fases de manutenção, conforme é exibido no gráfico 2.

A Lei de Evolução dos Custos, mais conhecida como Lei de Sitter, aponta que os custos tendem a aumentar de forma acelerada ao longo do tempo. Essa progressão é semelhante a uma sequência de números em que cada termo é multiplicado por cinco para chegar ao próximo número, no intervalo entre as etapas da manutenção, conforme é mostrado no gráfico 2.

O gráfico 2 mostra que cada fase de manutenção, os custos podem aumentar significativamente mais do que no período anterior. É importante estar ciente dessa tendência

para que seja possível planejar e gerenciar os custos de maneira adequada, evitando surpresas desagradáveis no futuro.

Gráfico 2 - Evolução dos custos em relação as fases do projeto



Fonte: Sitter, 1984 apud Vitório, (2005).

2.2 Características dos materiais nas edificações

O dano precoce nas edificações e a diminuição do desempenho dos materiais é uma dificuldade atual no ramo da construção civil. Esse problema ocorre por causa do desgaste precoce das estruturas, no qual se relaciona a qualidade inferior das tecnologias dos materiais empregados, falhas de projeto, execução e manutenção. (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

De acordo com Possan e Demoliner (2013), motivos como estimativa de custos durante o período de uso, plano de manutenção e obrigação de projetar uma construção com maior vida útil tem a importância nos projetos, e no planejamento/gerenciamento de uma edificação, atribuindo-lhe também uma relevância no que diz respeito ao custo de ciclo de vida. Por tanto, as edificações precisam de um desenvolvimento na qualidade, buscando sempre apresentar um conjunto de melhorias para garantir essa longevidade das edificações.

2.2.1 Desempenho

O desempenho consiste em construções que cumpram exigências durante todo tempo de vida dos materiais, começando por sua execução, que é atribuído responsabilidade a cada profissional que cabe a empresa contratar os profissionais e serviços que sejam capazes de recolher informações precisas, contendo ou não a elaboração de riscos e entrega do resultado final, pode-se citar por exemplo a existência de aterro sanitário, agentes agressivos no solo, assim como outros agentes que podem se manifestar numa época posterior. (THOMAZ, 1989).

Já o Conseil International du Bâtiment (CIB, 1992), desempenho é a conduta em uma edificação, ou seja, é preciso haver especificações mínimas para obter sua função determinada previamente durante sua vida útil. Além do mais, o CIB esclarece que o desempenho almejado de uma construção consiste em amparar os anseios dos usuários.

A norma de desempenho que vigora no Brasil é a ABNT 15575 chamada de Norma Brasileira de Desempenho, publicada em 2013 e que tem o foco principal em edificações habitacionais. No âmbito internacional, existem várias normas como a ISO (International Standards Organization), a RILEM (Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux), o ACI (American Concrete Institute), dentre outras, que desenvolvem estudos a respeito da evolução dos conceitos de uma construção civil, no tema da evolução da durabilidade e da maior longevidade da vida útil de uma edificação.

Possan e Demoliner (2013), o intuito da norma é estabelecer métodos de avaliação de tecnologias e sistemas construtivos, de modo que fosse estabelecido um desempenho mínimo para os sistemas na construção civil, predominante em construções habitacionais de baixa renda.

No quadro 1 é possível observar que a norma 15575 (2013) estabelece critérios quantitativos de desempenho para avaliação do desempenho da edificação.

Quadro 1 - Norma Brasileira de Desempenho em edificações habitacionais

Itens	ISO 6241 (1984)	NBR 15575-1 (2013)
1	Estabilidade estrutural e resistência a cargas estáticas, dinâmicas e cíclicas	Desempenho estrutural
2	Resistência a fogo	Segurança contra incêndio
3	Resistência a utilização	Segurança no uso e na operação

4	Estanqueidade	Estanqueidade
5	Conforto Higrotérmico	Desempenho térmico
6	Conforto acústico	Desempenho acústico
7	Conforto Visual	Desempenho lumínico
8	Durabilidade	Durabilidade e manutenibilidade
9	Higiene	Saúde, higiene e qualidade do ar
10	Conforto Tátil	Funcionalidade e acessibilidade
11	Conforto antropométrico	Conforto tátil e antropo dinâmico
12	Qualidade do ar	Adequação ambiental
13	Custos	

Fonte: Possan e Demoliner (2013).

2.2.2 Durabilidade e vida útil

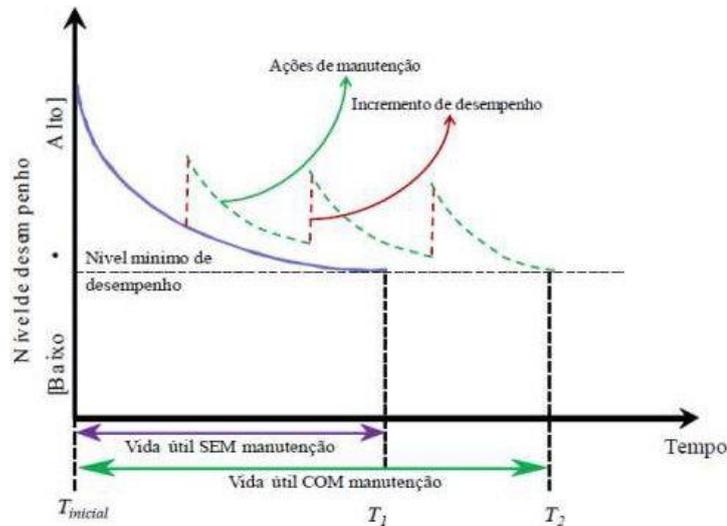
Conforme a ABNT NBR 15575 (2013), a durabilidade corresponde a competência de uma edificação em desenvolver seu papel ao longo do tempo em conformidade com o uso e manutenção especificados, somente até ao limite especificado máximo de utilização.

O conceito de durabilidade e vida útil estão inter relacionados e são difíceis de separá-los, mas é essencial essa distinção. Em concordância com Possan e Demoliner (2013), que definem a vida útil como o tempo empregado para uma qualidade de desempenho determinado antecipadamente, já durabilidade, define-se como a competência para a edificação em ser responsável pelo desempenho no decorrer daquele certo tempo.

Para a ABNT NBR 15575 (2013), a vida útil é a “medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes”.

Através do gráfico 3, é possível analisar o valor das manutenções para o aumento ou conservação da vida útil projetada (VUP) de uma construção. Portanto, se o usuário não realizar as manutenções no seu respectivo tempo, seu tempo de vida útil tende a ser reduzido, logo sua vida útil projetada não será alcançada.

Gráfico 3 - Diferenças entre os desempenhos dos materiais em relação a manutenção e sem manutenção frente a vida útil do material



Fonte: Possan e Demoliner (2013).

2.3 Principais Causas das manifestações patológicas

Para Machado (2002), as manifestações patológicas podem ser originadas principalmente por:

Deficiência na execução dos projetos em relação as cargas solicitadas, dimensionamento errado das estruturas, além do mais materiais e processos com descrições inadequadas.

Além disso, há ações térmicas internas (gradientes térmicos através do calor da hidratação) e ações térmicas externas pela variação sazonal da temperatura atuando na estrutura de concreto armado. O intemperismo, como a variação de umidade, agentes atmosféricos diversos, agressões ambientais, dentre outros. Por fim, Machado destaca-se a utilização inadequada da construção como a alteração da destinação ou acréscimo de solicitação.

Tabela 1 - Incidência de manifestação patológica

Manifestação patológica	Ocorrência (%)
Deterioração e Degradação química da construção	7%
Deformações (flechas e rotações) excessivas	10%
Segregação dos materiais componentes de concreto	20%
Corrosão das armaduras de concreto armado	20%
Fissuras e trincas ativas ou passivas nas peças de concreto armado	21%
Manchas na superfície do concreto armado	22%

Fonte: Helene (1992).

Através da tabela 1, é possível determinar as manifestações que são predominantes na etapa da obra já concluída, dentre elas as principais são: as manchas superficiais, fissuras e trincas, corrosão das armaduras e a segregação dos materiais do concreto. Já no contexto geral, temos as seguintes estatísticas das causas primárias.

Tabela 2 - Percentual das principais causas de patologias na construção civil

Tipologia	Percentual (%)
Causas diversas	1,6%
Disposições defeituosas	2,5%
Erros de concepção	3,5%
Fenômenos químicos	4,0%
Erros nas hipóteses de cálculo e uso dos materiais	8,5%
Falhas na execução	16,5%
Deformações excessivas e sobrecargas	19,7%
Falhas resultantes de variações dimensionais	43,7%

Fonte: Adaptado pelo autor Do Carmo (2003).

A tabela 2 mostra que as falhas oriundas de variações dimensionais representam quase cerca de metade dos problemas patológicos, dado que a estabilidade dimensional é essencial para os materiais, pois sua variação térmica, umidade ou retração contribui significativamente para causas de patologia, conforme será visto nos itens seguintes.

2.4 Principais manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado das edificações

De acordo com Helene (2013), o concreto armado foi definido como um material que não precisava de muitos cuidados ao longo da sua vida útil, prescindindo de reparos e manutenções. Atualmente foi constatado que essa concepção é errônea e necessariamente foi obrigado a ser revista devido à grande quantidade de manifestações patológicas nas edificações atuais.

2.4.1 Fissuras. Trincas e rachaduras

Um dos problemas mais recorrentes no mundo da construção civil é o das fissuras, trincas e rachaduras. E o profissional da engenharia civil geralmente consegue detectar facilmente este tipo de problema.

A fissura é definida na norma NBR 15575-2 (ABNT, 2003) como o seccionamento da superfície ou da seção transversal com abertura em forma de linha, geralmente provocada por tensões de caráter normal ou tangencial.

As tensões nos materiais atuam não só nas alvenarias como também nos elementos estruturais de concreto. Quando seu carregamento é superior a capacidade do material resistido, a presença de fissuras surge a fim de aliviar as tensões das estruturas. (CORSINI, 2016). O autor cita que à medida que as limitações das movimentações dos materiais ocorrem e junto a fragilidade do material, maior a probabilidade de a fissuração ser no grau mais excessivo.

A Norma NBR 6118/14 (ABNT, 2014), estabelece que as aberturas das fissuras sofrem influências de limitações em relação as variações volumétricas do material, assim como a influência da execução realizada na edificação.

A presença de fissuração numa construção é certa, devido as propriedades do concreto serem de baixa resistência a tração, porém a execução da obra precisa ter um controle

sobre as aberturas, pois a depender da abertura é necessária uma investigação da origem da causa e realizá-la um diagnóstico para que não ocorra riscos a estrutura.

De acordo com Camacho (2005), as fissuras podem ser subdivididas em microfissuras e microfissuras. As microfissuras estão no interior do concreto, portanto não é visível a olho nu, já as microfissuras são produzidas por uma alteração do concreto, podendo ser visto a olho nu, que é o caso de uma patologia detectada através do visual.

O quadro 2 mostra a classificação das fissuras de acordo com a abertura da fissura, classificando-as em fissuras, trincas e rachaduras, conforme o quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das fissuras, trincas e rachaduras

Denominação	Espessura
Fissura	até 0,5 mm
Trinca	entre 0,5 e 1,0 mm
Rachadura	superior a 1,0 mm

Fonte: Instituto Brasileiro de Avaliação e Perícias de Engenharia de São Paulo (2011).

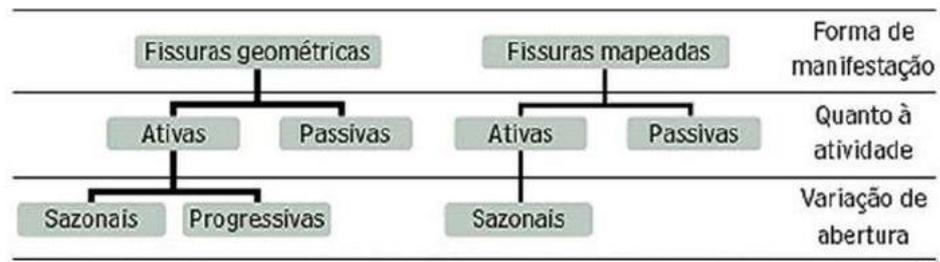
O Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia – IPEAPE (2003) estabelece as seguintes definições:

- Fissura: Abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, oriundo da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura da abertura de até 0,5mm.
- Trinca: Abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, oriundo de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de abertura entre 0,5mm e 1.0 mm.
- Rachadura: Abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, oriundo de acentuada ruptura de sua massa superior a 1,0 mm.

O quadro 3 mostra que as fissuras podem ser geométricas ou mapeadas. Corsini (2016) afirma que em blocos ou tijolos suas juntas de assentamento podem ocasionar fissura geométrica, ao passo que as mapeadas estão ligadas com o fenômeno da retração das argamassas, ao excesso de finos ou por exagero na execução do desempenamento do pedreiro.

De acordo com Corsini (2016), as fissuras geométricas e mapeadas são capazes de ocorrer de modo ativo ou passivo. As fissuras ativas consistem em variações sensíveis na abertura e fechamento, classificadas como sazonais em razão das variações de temperatura e as progressivas caso se ao longo do tempo. A fissura ativa sazonal não manifesta perigo à estrutura, porém a progressiva é preocupante a vida útil de uma estrutura, pois cresce exponencialmente seus danos

Quadro 3 - Tipos de fissuras



Fonte: (Corsini, 2016).

A figura 1 mostra uma fissuração mapeada causada por retração de secagem das argamassas.

Figura 1 - Fissuração ocasionada por retração de secagem das argamassas



Fonte: (Corsini, 2016),

2.4.2 Corrosão de armadura

De acordo com Farias (1992), conceitua-se corrosão como a deterioração ou inutilização para uso de um material através de reações químicas ou eletroquímicas com o ambiente em que se encontra, sendo possível ocorrer associações de esforços mecânicos ou não. Nos metais, as reações ocorrem pela sua natureza eletroquímica, sendo predominante os casos de corrosão das armaduras do concreto do tipo eletroquímica em que ocorre a presença de reações de oxidação e a circulação de íons através do eletrólito.

Um elemento estrutural no sistema de concreto armado possibilita uma proteção dupla em relação as armaduras. A primeira proteção é de natureza física em que funciona uma barreira física, impedindo o contato direto com o exterior. A segunda proteção é de natureza química, conferida pelo pH alcalino do concreto (aproximadamente 13), promovendo a formação de uma camada de passivação envolvendo a armadura.

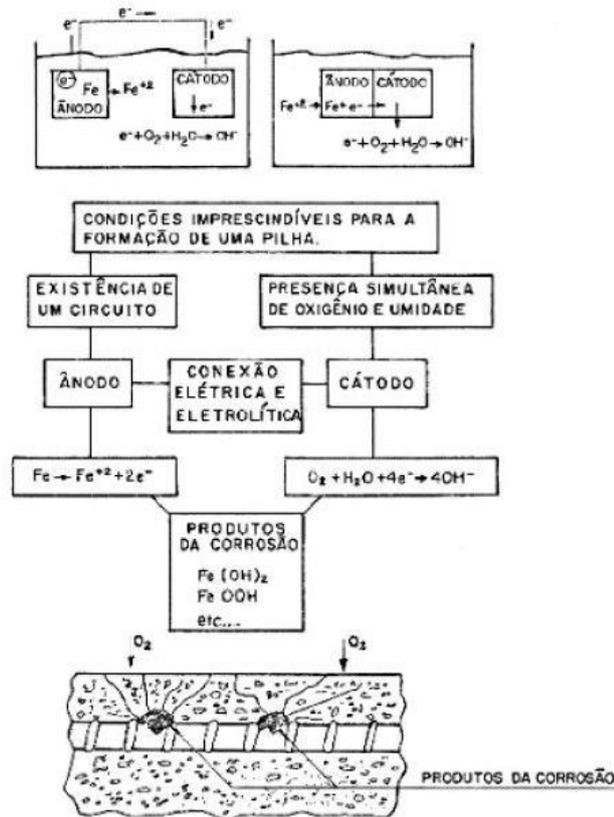
De acordo com Nascimento (2015), a perda da proteção ocasiona um aceleração no processo corrosivo, a corrosão acontece a partir do momento em que o concreto se torna permeável o suficiente para deixar que os íons penetrem na armadura, esses íons são exatamente com água e oxigênio que fornecem o começo do processo de corrosão. A armadura de metal tem uma camada fina de proteção chamada de passivação, na qual se concentra na superfície e compreende a existência de com $\text{pH} = 13$. Se o pH dessa camada mudar para 11, ocorre a criação de compostos ferrosos expansivos, gerando um incremento no volume do aço, acarretando em fissuração e deslocamento no concreto que por fim vai gerar problemas para o sistema estrutural.

Segundo Andrade (1992), para a formação da corrosão é essencial que esta ocorra em circuito fechado, permitindo a presença de umidade e oxigênio, desta forma, criando o cátodo e o ânodo que estabelecem uma relação de conexão elétrica e eletrolítica. As reações de oxidação e redução ocorrem concomitantemente, gerando nos produtos da corrosão, por exemplo o nitróxido de ferro II. O ânodo é a zona despassivada da armadura e o cátodo a zona da armadura que permite a entrada do oxigênio, sendo o condutor elétrico a armadura e o eletrólito o concreto, conforme é mostrado na figura 2.

Após esse processo ser terminado, os íons e óxido de ferro juntam para resultar numa transformação de ferrugem, neste tipo de corrosão, é imprescindível que os cátodos e os ânodos tenham diferentes potenciais de oxidação (NASCIMENTO, 2015).

De acordo com Tecnosil (2017), a manifestação patológica da corrosão das armaduras tem potencial para causar danos perigosos aos sistemas estruturais, e é justamente por causa das falhas de impermeabilização que é capaz do concreto ser “lavado”, acarretando numa exposição das armaduras. Se isto ocorrer, a estrutura se torna vulnerável e o sistema estrutural perde sua capacidade de resistência aos esforços solicitantes.

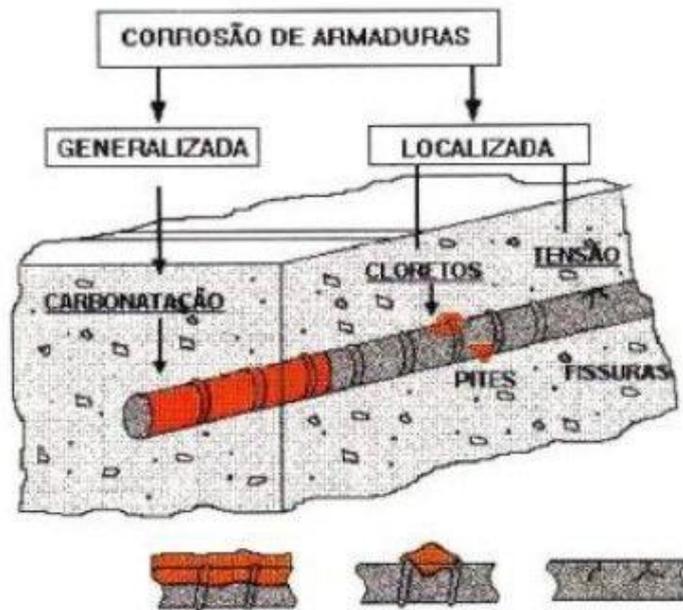
Figura 2 - Processo da ocorrência da corrosão de armadura



Fonte: Andrade, 1992.

Conforme Andrade (1992), a corrosão pode ser classificada em dois tipos: generalizada e localizada, conforme mostra a figura 3. Na corrosão generalizada, a corrosão ocorre em toda a superfície do metal, principalmente, por causa da carbonatação. Na corrosão localizada, ocorre por causa dos cloretos e sulfatos que são caracterizados pelos seus danos em pequenas áreas na superfície do metal. Conhecida como corrosão por pite. Nas estruturas protendidas, a corrosão por cloretos é capaz de tornar vulnerável o aço podendo ser nomeada como corrosão sob tensão.

Figura 3 - Classificação dos tipos de corrosão de armadura



Fonte: Andrade, 1992.

2.4.3 Carbonatação

Segundo Silva (1995), a carbonatação acontece à medida que o gás carbônico presente na atmosfera se junta ao cimento hidratado, porém, este é atacado principalmente pelo hidróxido de cálcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

O concreto tem um pH de 13 e uma das justificativas para este valor é justamente por conta da presença de hidróxido de cálcio na parte interna da pasta de cimento hidratada. A carbonatação converte esse pH para 9, gerando um início de corrosão das armaduras.

Em concordância com Helene (1992), a profundidade de carbonatação aumenta no início, rapidamente, dando continuidade mais lentamente e com a tendência assintótica a uma profundidade máxima.

Os parâmetros de profundidade e velocidade de carbonatação em peças de concreto armado são relacionadas a fatores do concreto endurecido e ao meio ambiente, conforme é apresentado no quadro 4 e 5.

Quadro 4 - Fatores condicionados a exposição

Fatores Condicionantes	Características Influenciadas
Concentração de CO ₂	Mecanismos físico-químico e Velocidade de carbonatação
Umidade relativa do ar	Grau de saturação dos poros e Velocidade de carbonatação
Temperatura	Velocidade de carbonatação

Fonte: Kazmierczak, 1995 apud Bazzan, 2014.

Quadro 5 - Fatores condicionados a característica do concreto

Fatores Condicionantes	Características Influenciadas
Composição química do cimento	
Característica do clínquer	Porosidade da pasta carbonada
Teor de adições	Reserva alcalina
Traço	Porosidade
Qualidade de execução	
Defeitos	Porosidade
Defeitos Cuidados com a cura	Grau de Hidratação

Fonte: Kazmierczak, 1995 apud Bazzan, 2014.

2.4.4 Desplacimento

O deslocamento se dá através do acréscimo do volume das armaduras, devido ao acúmulo de ferrugem, provocando uma quebra da camada de concreto, fragilizando esta camada, tornando-a vulnerável, resultando na piora da corrosão para estrutura. O dano surge devido ao aparecimento de placas, que não estão relacionados a fatores químicos do concreto, mas sim na corrosão de armaduras, assim como, por choques ou movimentações térmicas com atrito entre as estruturas e potencializar a vulnerabilidade à corrosão. (FONSECA, 2007).

A figura 4 mostra a ocorrência do deslocamento na viga na face inferior, é possível observar o deslocamento em estágio inicial de fator de intensidade dois.

Figura 4 - Desplacamento



Fonte: Fonseca (2007).

2.4.5 Desagregação

Segundo Souza e Ripper (1994), a desagregação conceitua-se na separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo, e em grande parte das vezes, também ocorre a perda da capacidade do ligante entre os agregados e a pasta de cimento. Desse modo, uma peça com seção de concreto desagregada obterá uma perda localizada ou global, a capacidade de esforços solicitantes. A desagregação é um fenômeno corriqueiro nos sistemas estruturais no Brasil, podendo ser encontrados nas estruturas de concretos, por motivos diversos, existindo um conjunto com fissuras.

Cánovas (1988) cita que elementos do concreto perdem sua coesão, diminuindo substancialmente a resistência mecânica aos esforços solicitados.

Os fatores causadores da manifestação patológica da desintegração podem ser os mais diversos possíveis, dentre eles, podemos citar: fissuração, corrosão do concreto, movimentação das formas, fenômeno da calcinação (perda de resistência e mudança na cor do concreto, que ocorre quando o concreto se encontra na presença de fogo e se desintegra a partir de uma temperatura de 600° C) e ataques biológicos.

A figura 5, mostra o exemplo de desagregação em que observa-se o esfarelamento do concreto presente e em estágio avançado.

Figura 5 - Classificação dos tipos de corrosão de armadura



Fonte: Andrade, 1992.

2.4.6 Cobrimento deficiente

De acordo com Helene (1992), o objetivo do cobrimento de concreto é de proteção da capa ou película protetora da armadura contra danos mecânicos, simultaneamente mantendo a estabilidade. O cobrimento impróprio da armadura garante a reação de oxidação e ajuda a ocorrer a corrosão da armadura também.

Segundo Barros *et al.* (2016), as barras de aço no interior do concreto são protegidas contra a corrosão de duas maneiras: da proteção química por meio de passividade, ou seja, tem-se uma camada de alcalinidade no interior do concreto, que impede as substâncias de corroê-las e a proteção física adequada da espessura do cobrimento formando um obstáculo contra a corrosão no concreto.

No momento em que o aço das armaduras corrói, ocorre um incremento no seu volume, levando as tensões a tração no concreto. Posterior a isso, ocorre o surgimento de fissuras e acontece o destacamento da camada de concreto que recobre as armaduras, conforme é possível visualizar na figura 6. (BARROS *et al*, 2016)

Figura 6 - Cobrimento inadequado do pilar



Fonte: (BARROS *et al*, 2016).

De acordo com Barros *et al.* (2016), a espessura da camada de cobrimento é um fator crucial para o processo de corrosão em estruturas de concreto armado. Quanto maior for a espessura do cobrimento, maior será a resistência dos elementos estruturais à penetração de agentes agressivos, pois essa camada atua como uma barreira física impedindo a chegada desses agentes até as armaduras.

2.4.7 Flechas excessivas

A presença de deformações excessivas, conhecidas como flechas, em elementos estruturais de concreto pode ser causada por diversos fatores. Um dos principais motivos é a falta de observância da norma NBR 6118, que estabelece limites para o sistema estrutural de concreto. Essa norma define que elementos estruturais de natureza visual devem ter um deslocamento máximo de $L/250$ para os limites de estado de serviço.

Além disso, outras razões para a ocorrência de flechas excessivas incluem erros de cálculo no projeto ou a falta de previsão de contra flechas, quando necessárias. Problemas

durante a execução da obra, como erros cometidos pelos trabalhadores ou a utilização de materiais inadequados, como concreto com fck insuficiente, também podem contribuir para a presença de deformações excessivas.

2.4.8 Umidade

A presença da umidade implica em várias manifestações patológicas nas edificações, o quadro 6 explica a diferença de cada uma.

Quadro 6 - Infiltração, Bolor, Mofo e Eflorescência

Infiltração	Infiltração ocorre quando a quantidade de água é maior, pode pingar ou até fluir
Manchas	A água ao atravessar uma barreira fica aderente, transformando em mancha
Bolor ou Mofo	Bolor é a colonização de diversos fungos sobre vários substratos, ocorre uma alteração observada macroscopicamente na superfície do material, gerando desenvolvimento de microrganismos ao grupo de fungos.
Eflorescência	Formação de salinas nas superfícies das paredes, trazidas de seu interior pela umidade. Tem como consequência aspectos esbranquiçados à superfície da pintura

Fonte: Shirakawa, (1995).

2.5 Metodologia GDE/UnB para quantificação do grau de deterioração de estrutura de concreto

A Metodologia de Grau de Deterioração das estruturas foi produzida pelo Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC-UnB) com a finalidade de analisar o grau de deterioração das estruturas em concreto por meio de uma avaliação quantitativa. A proposta desta metodologia foi a identificação e classificação das manifestações patológicas e sua evolução como consequência dos danos causados. A

metodologia é uma ferramenta essencial para as intervenções de manutenção em edificações de concreto, visto que por meio dela, é possível propor uma solução mais rápida e com melhor custo benefício.

Teve como idealizador Castro (1994), com o objetivo de avaliar o grau de deterioração em estruturas de concreto armado convencional. A partir disso, foi aprimorado por outros autores: Lopes (1988), Boldo (2002), Fonseca (2007), Euqueres (2011) e Verly (2015). O propósito do método consiste em ter o maior número de amostras em aplicações para os ajustes das formulações utilizadas, então, sendo realizado o caderno de inspeção que funciona como um registro dos defeitos principais para cada família de elementos e indica algumas características para o fator de intensidade do dano (F_i), a fim de tornar as atividades de inspeção mais simples. (VILAS BOAS *et al.*, 2018).

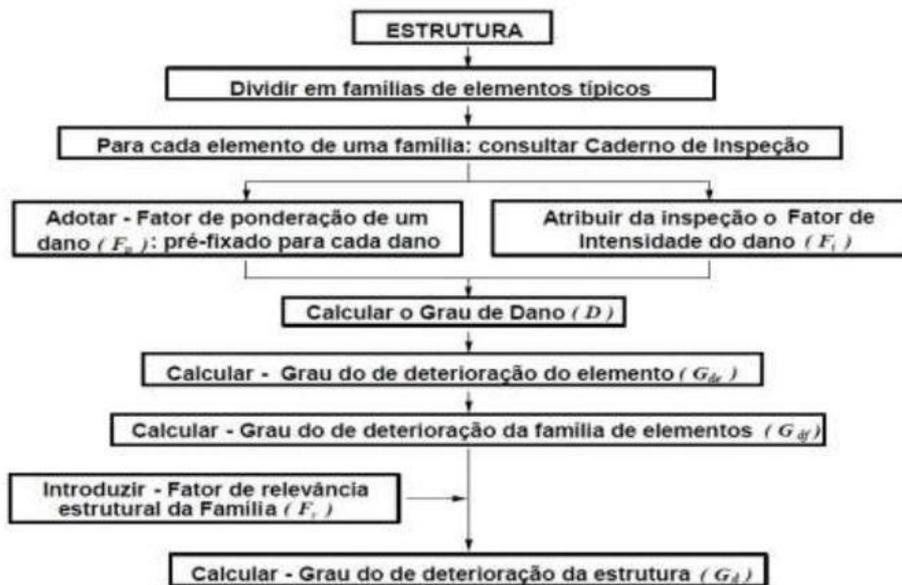
Por meio de observações na realização da metodologia foi analisado que os resultados obtidos por Castro (1994), tem potencial de levar a resultados incongruentes, por isso, Lopes (1988) alterou a fórmula do grau de deterioração do elemento. Após isso, Boldo (2002) implantou o princípio de Lopes (1988) em edificações de ocupações distintas, tornando o caderno de inspeções outra denominação chamada Inspeção para Estrutura de Concreto armado. (VILAS BOAS *et al.*, 2018).

Após a realização da pesquisa feita por Castro (1994), analisou-se que os resultados encontrados podiam ser imprecisos e para descobrir esse problema, Lopes (1988) alterou a fórmula utilizada para encontrar o grau de deterioração do elemento, a seguir, por meio do Boldo (2002), foi utilizado o preceito de Lopes (1988) em edificações com usos diferentes, tornando o caderno de inspeções com outro nome: Inspeção para estrutura de concreto armado. A alteração gerou em benefícios mais precisos e sólidos, garantindo maior certeza na verificação do estado de conservação das construções.

Portanto, a metodologia GDE/UnB é capaz de examinar vários tipos de estruturas, realizando inspeções minuciosas e análises precisas para avaliar o estado de cada elemento e da estrutura como um todo. Com base nos resultados obtidos, é possível identificar quais componentes necessitam de manutenção corretiva, indicando quais danos são mais importantes e urgentes. A metodologia facilita a interpretação dos dados, o que ajuda a tomar decisões mais ágeis e precisas para garantir a segurança e a conservação das construções.

De acordo com Fonseca (2007), o fluxograma empregado na metodologia abrange algumas etapas executadas de maneira sequencial e sistemática, conforme é visto na figura 7.

Figura 7 - Fluxograma do Grau de deterioração da estrutura



Fonte: Castro (1994).

2.5.1 Divisão em famílias de elementos

Os elementos em famílias são agrupados em elementos que possuem objetivos estruturais característicos, pode-se mencionar os componentes a seguir:

- Pilares;
- Vigas e vigas secundárias;
- Lajes;
- Elementos de composição arquitetônica; e
- Escadas/Rampas.

2.5.2 Fator de ponderação

O fator de ponderação apresenta a importância de quantificar os danos nas condições de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma família. Logo, pode-se analisar que uma patologia pode apresentar fatores de ponderação diferente em famílias de elementos diferentes. (FONSECA, 2007).

Segundo Fonseca (2007), esses fatores de ponderação (Fp) variam de 0 a 5, são atribuídos valores as falhas ocasionadas pelas manifestações patológicas em relação a estética, funcionalidade e estabilidade de determinado elemento. O quadro 7, 8 e 9 mostram os valores que podem ser adotados para as patologias diante dos fatores de ponderação.

O quadro 7 mostra a lista das principais falhas em manifestação patológica em vigas junto com seu respectivo Fator de ponderação (Fp).

Quadro 7 - Vigas

Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Fissuras	2 a 5
Falhas de Concretagem	2
Flechas	5
Manchas	3
Sinais de esmagamento	4
Umidade	3

Fonte: Fonseca (2007).

O quadro 8 mostra a lista das principais falhas em manifestação patológica em laje junto com seu respectivo Fator de ponderação (Fp).

Quadro 8 - Lajes

Carbonatação	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	3
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falhas de Concretagem	2
Fissuras	2 a 5
Flechas	5
Manchas	3
Umidade	3

Fonte: Fonseca (2007).

O quadro 9 mostra a lista das principais falhas em manifestação patológica em pilares junto com seu respectivo Fator de ponderação (Fp).

Quadro 9 - Pilares

Danos	Fp
Carbonatação	3
Cobrimento Deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3

Desplacamento	3
Desvio de Geometria	4
Eflorescência	2
Falhas de concretagem	3
Fissuras	2 a 5
Manchas	3
Recalque	5
Sinais de Esmagamento	5
Umidade na base	3

Fonte: Fonseca (2007).

2.5.3 Fator de intensidade

De acordo com Fonseca (2007), existe o fator de intensidade (F_i), variado de 0 a 4, é empregado para inspecionar uma estrutura definida e provavelmente analisar os danos dos elementos estruturais que são classificados de acordo com o quadro 10.

Quadro 10 - Fatores de Intensidade (F_i)

Classificação	Fator de Intensidade (F_i)
Sem lesões	0
Lesões leves	1
Lesões toleráveis	2
Lesões graves	3
Estado crítico	4

Fonte: Fonseca (2007).

2.6 Formulações para metodologia GDE/UnB

2.6.1 Grau do dano

O grau de dano (D) nos elementos estruturais é calculado a partir dos fatores de intensidade e ponderação, fundamentado no conhecimento acerca da corrosão das armaduras. Segundo Fonseca (2007), esse modelo foi apresentado por Tuutti em 1982 e em seguida escolhido pelo Código Modelo MC-90 CEB-FIP em 1991. As equações (1) e (2) utilizadas nesse cálculo:

$$D = 0,8F_iF_p, \text{ sendo } F_i \leq 2,0 \text{ (Equação 1)}$$

$$D = (12F_i - 28)F_p, \text{ sendo } F_i > 2,0 \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

Fi: Fator de intensidade do dano

Fp: Fator de ponderação do dano

2.6.2 Grau de deterioração de um elemento (G_{de})

De acordo com LOPES (1988) sugere que a partir do grau do dano, determina-se o grau de deterioração de um elemento estrutural (G_{de}), conforme mostra equação (3).

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m D(i) - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D(i)} \right] \quad (3)$$

Onde: Gde: Grau de deterioração de um elemento estrutural;

Dmáx: Maior grau de dano no elemento;

m: Número de danos detectados no elemento; e D(i): O grau de dano de ordem (i).

Posteriormente, é possível classificar o nível de deterioração da peça estrutural, conforme é mostrado no quadro 11.

Quadro 11 - Nível de deterioração da peça estrutural

Nível de deterioração	G_{de}	Ações a seres adotadas.
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção periódica.
Médio	15 - 50	Definir prazo ou natureza para nova inspeção. Planejar intervenção no máximo em dois anos.
Alto	50 - 80	Definir prazo para nova inspeção detalhada. Planejar intervenção no máximo em um ano.
Sofrível	80 - 100	Definir prazo ou natureza para nova inspeção detalhada. Planejar intervenção no máximo em seis meses
Crítico	> 100	Inspeção emergencial. Planejamento imediato

Fonte: Fonseca (2007).

2.6.3 Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df})

A obtenção do grau de deterioração de uma família de elementos é baseada nos elementos com G_{de} isto é, que o nível de deterioração do elemento possua um valor superior ou médio, conforme mostra a figura 4

$$G_{df} = G_{demáx} \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

G_{df} : Grau de deterioração de uma família de elementos;

$G_{demáx}$: Grau de deterioração máxima do elemento;

$G_{de(i)}$: Grau de deterioração do elemento de ordem (i);

2.6.4 Fator de relevância estrutural (Fr)

Segundo FONSECA (2007) empregou o fator de relevância estrutural (Fr) para as famílias em conjuntos, visando ponderar relevância das diversas famílias que se ramificam na

estrutura, de acordo com o seu comportamento e desempenho. No quadro 12, é possível observar os fatores de relevância estrutural.

Quadro 12 - Fator de relevância estrutural

Elementos de Composição arquitetônica	Fatores de Relevância Estrutural (F_r)
Elementos de Composição arquitetônica	1,0
Reservatório Superior	2,0
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias e juntas de dilatação	3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias e pilares secundários	4,0
Vigas e pilares principais	5,0

Fonte: Fonseca (2007).

2.6.5 Grau de deterioração da estrutura (G_d)

O grau de deterioração da estrutura pode ser baseado no fator de relevância de cada família, conforme é mostrado na equação (5).

$$G_d = D_{máx} \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^k F_r(i) - G_{df}(i)}{F_r(i)} \right] \text{ (Equação 5)}$$

Onde: G_d : Grau de deterioração global da estrutura;

k : Número de famílias de elementos presentes na edificação;

F_r : Fatores de Relevância Estrutural; e

G_{df} : Grau de deterioração de uma família de elementos.

Depois da realização dos procedimentos junto a formulação, é possível determinar o nível da estrutura como um todo, classificando-as de acordo com o nível de deterioração.

3 METODOLOGIA

O Trabalho aplicou a metodologia Grau de deterioração dos elementos (GDE/UnB) em elementos estruturais de concreto armado, restringindo a pilares, vigas e lajes.

A metodologia trata-se de uma verificação das principais manifestações patológicas em concreto armado, definidas nas tabelas em anexo A, B e C. A abordagem do trabalho consiste em inspeção visual no local de estudo de caso e estabelecer pesos e notas de acordo com a patologia encontrada, traçando paralelo dos fatores dos danos das patologias e os fatores de intensidade, gerando um grau de deterioração de estrutura da peça individual.

Posteriormente, é determinado o grau de estrutura da família da peça, ou seja, de todos os pilares, vigas ou lajes, para determinar de uma forma geral a qualidade da estrutura em relação aos elementos estruturais em separados e por fim, é calculado um grau de dano global para definir o nível de deterioração da edificação examinada.

Para tanto, o estudo de caso é apresentado uma solução de intervenção da estrutura de acordo com o risco indicado na peça, tratando-se de uma intervenção inversamente proporcional, ou seja, quanto maior for o nível de deterioração da peça, menor o tempo de reparação exigido pela metodologia.

3.1 Estudo de caso

O condomínio Sol Morar caracterizado por ser multifamiliar de térreo em pilotis de Manaus encontra-se na região urbana do município de Manaus, na rua Av. Efigênio Salles, 2235 no Bairro Aleixo. O condomínio foi entregue em 1989, abrangendo a Torre A com 12 apartamentos e a Torre B com 24 apartamentos (conforme mostrado no perímetro amarelo na figura 8), onde cada torre possui 3 pavimentos superiores e um térreo para estacionamento, que foi a área delimitada pelo trabalho para análise visual.

3.2 Escolha do método GDE/UnB

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso detalhado no Edifício Sol Morar, conforme mostra a figura 8, localizado em Manaus, com o objetivo de identificar, analisar, classificar e propor soluções para as principais manifestações patológicas presentes na

estrutura. A escolha do edifício foi feita após uma análise criteriosa, considerando a possibilidade de acesso para as atividades de vistoria, pela sua localização e por seu uma edificação, e por fim, pelo seu rico material em manifestações patológicas.

Figura 8 - Localização do Edifício Sol Morar



Fonte: Google Maps (2023).

A figura 9 mostra uma vista da torre B, onde serão realizadas inspeções visuais, para identificar as manifestações patológicas presentes na estrutura, tais como corrosão, fissuras, carbonatação, deslocamento, umidades, dentre outras.

Figura 9 - Edifício Sol Morar



Fonte: Autor próprio (2023).

A partir das informações obtidas durante a realização do estudo de caso no Edifício Sol Morar, foi possível realizar a classificação das patologias encontradas e, com base nisso, propor soluções adequadas para cada uma delas. O propósito do trabalho consistiu em colaborar para a compreensão das patologias presentes em estruturas de concreto e aperfeiçoar soluções inteligentes para a manutenção e recuperação das estruturas, pretendendo garantir maior segurança e a durabilidade das estruturas.

3.2 Materiais

Durante a inspeção visual realizada na edificação, foram empregados diversos equipamentos para auxiliar na observação das manifestações patológicas. Esses instrumentos desempenharam um papel fundamental ao fornecer uma análise mais precisa e detalhada dos problemas encontrados.

- Fissurômetro
- Régua
- Trena
- Smartphone infinix note 12 Pro

As informações coletadas durante as inspeções visuais foram compiladas em planilhas eletrônicas, empregando o programa Excel, sendo executado projetos complementares por meio do software Autocad.

4 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

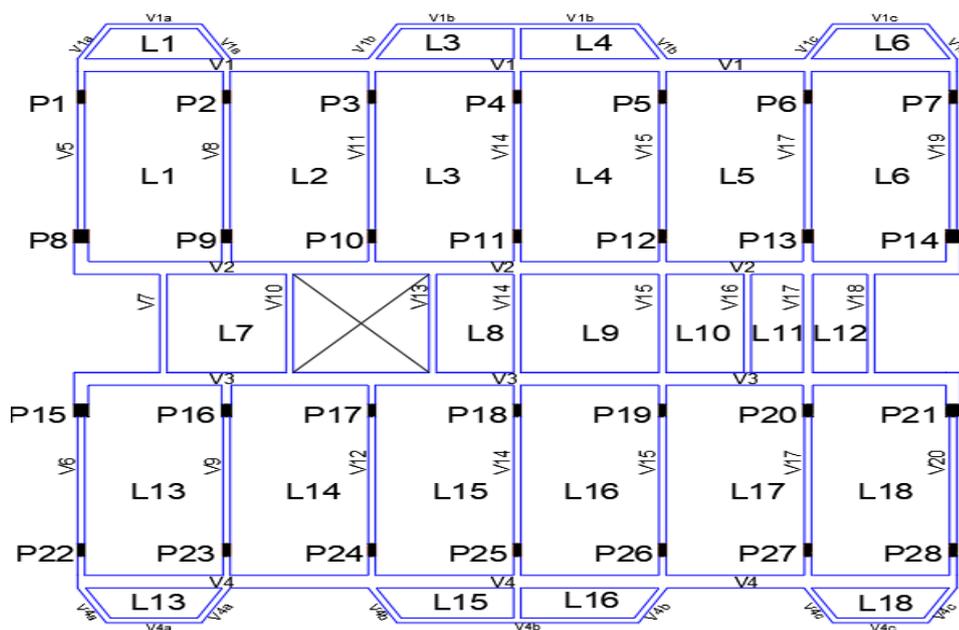
Os resultados encontrados foram obtidos, conforme já mencionado, pela observação visual nas duas torres da edificação Sol Morar em relação aos elementos estruturais. As torres A e B não são equivalentes, tendo a B possui aproximadamente o dobro de elementos estruturais, logo, é essencial avaliar em termos percentuais as duas torres para efeito de comparação em equidade.

É importante ressaltar que os resultados aplicados não foram considerados o ensaio de fenolftaleína, portanto, algumas patologias podem ter seus resultados majorados além de os elementos estruturais que foram considerados são apenas do pavimento superior (Em pilotis), sendo pilares, vigas e lajes.

4.1 Torre A

O croqui do pavimento superior da torre A é mostrado na figura 10, obtida do projeto desenvolvido pelo autor, donde que por meio do levantamento *in loco*, é possível observar que a torre A possui 28 pilares, 20 vigas e 18 lajes. É importante mencionar que embora o trabalho tivesse como objetivo analisar aspectos relacionados ao concreto armado, algumas lajes com rebaixamento de forro foram desconsideradas no projeto, e além disso, em algumas lajes não houve a possibilidade de acesso devido à restrição ao local.

Figura 10 – Croqui do Pavimento Superior da Torre A



Fonte: Autor próprio (2023).

4.1.1 Pilares

Em alguns pilares foram realizadas a técnica do encamisamento, anteriormente a inspeção visual deste trabalho, aproximadamente há 6 anos, promovendo acréscimo de seção transversal para garantir maior resistência e proteção ao aço. Durante o processo de vistoria, foi possível identificar falhas de execução na obra ao se observar discrepâncias na seção transversal dos pilares em relação aos demais. Isso se torna evidente, uma vez que o projeto apresenta uma estrutura simétrica, e alguns pilares exibem dimensões superiores ou inferiores às estabelecidas como padrão.

Na análise visual, foi constatado não só que na maioria dos pilares houve um erro de forma na hora da concretagem, mas também que ainda há proteção de verniz na parte do topo de praticamente todos os pilares (o que não afeta a parte da estrutura, apenas de fins estéticos).

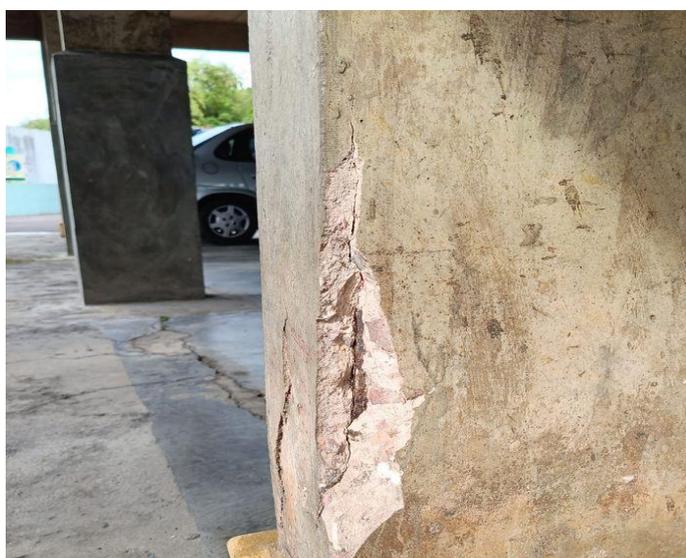
Através das observações *in loco*, é possível identificar a presença de carbonatação, conforme é mostrado na Figura 11, em diversos pilares devido à grande quantidade de gás carbônico lançada pelos automóveis. Esse tipo de patologia é muito comum em edifício pilotis justamente por apresentar área de estacionamento e a presença maciça de dióxido de carbono.

Uma das formas para confirmar a existência dessa patologia é mediante ao ensaio de carbonatação com a solução de fenolftaleína para identificar o pH da peça estrutural.

A patologia de corrosão das armaduras também foi encontrada nos pilares da torre A, conforme é possível observar na figura 11. Para realizar o reparo das estruturas, na questão referente ao tratamento de corrosão de armaduras, o que deve ser feito é a remoção do concreto degradado (solto ou esfarelado). A remoção do concreto é realizada em volta da armadura contaminada pode ser feita por martelo, logo em seguida, a armadura precisa ser limpa por lixa metálica ou escovamento manual, nessa etapa é preciso verificar se a superfície da armadura ficou completamente limpa. (GONÇALVES, 2015).

Posteriormente, é aplicado um inibidor de corrosão na ferrugem, a fim de garantir maior segurança a armadura. Por fim, é fechado a área degradada, ou seja, recompor o concreto, caso a estrutura seja reparada por no máximo cinco centímetros, é utilizado argamassa estrutural polimérica, caso seja mais que cinco centímetros, é realizado com forma e graute. (LAPA, 2008).

Figura 11 - Pilar 4 - Carbonatação ($F_i=3$), Corrosão ($F_i= 2$) e Desplacamento ($F_i= 3$)



Fonte: Autor próprio (2023).

Conforme é observado na figura 12, o pilar apresenta-se com problemas quanto ao deslocamento das estruturas na base do pilar, acarretando em danos nas áreas desgastadas. O pilar apresenta uma abertura maior que 3 milímetros, logo, essa patologia se dá na ocorrência

de pequenas escamações do concreto podendo ser causado devido a movimentações térmicas, choques, pressão ou movimentação das armaduras (FONSECA, 2007).

Figura 12 - Pilar 13 - Desplacamento ($F_i = 3$)



Fonte: Autor próprio (2023).

Na figura 13, é observado a presença de carbonatação localizada, em ambiente úmido, quanto a corrosão temos três barras expostas com corrosão de armaduras em estado com grandes problemas, já o deslocamento é observado o lascamento de grandes proporções com aparência de exposição de armaduras.

Figura 13 - Pilar 16 - Carbonatação ($F_i=3$), Corrosão ($F_i= 3$) e Desplacamento ($F_i= 3$).



Fonte: Autor Próprio (2023).

Na figura 14, observou-se mais um pilar com a presença de carbonatação localizada, em local úmido, juntamente com o aparecimento de corrosão, associado ao deslocamento de grandes proporções no nível quatro com perda de seção em grandes proporções e a exposição de corrosão de armaduras.

Figura 14 - Pilar 18 – Carbonatação (Fi=3), Corrosão (Fi=3) e Desplacamento (Fi=4)



Fonte: Autor Próprio (2023).

Na figura 15, é possível observar as manifestações similares a figura 13, com a presença de carbonatação, juntamente com a corrosão de armaduras, apresentando manchas ao longo da barra e a perda de parte da seção transversal significativa, assim como o deslocamento com nível 3, visto que ocorre exposição de armaduras.

Figura 15 - Pilar 23 – Carbonatação (Fi=3), Corrosão (Fi=3) e deslocamento (Fi=3)



Fonte: Autor Próprio (2023).

Na figura 16, é observado um deslocamento na base do pilar em nível dois, ou seja, sem exposição de armaduras e com pequenos lascamento de concreto.

Figura 16 - Pilar 25 - Desplacamento (Fi = 2)



Fonte: Autor Próprio (2023).

Com base nos dados obtidos, é possível observar um número significativo de problemas de manifestações patológicas nos pilares da Torre A. Dentre os danos mais comuns observados nos elementos estruturais, estão: deslocamento e fissuras. Também foi encontrado a corrosão de armaduras, carbonatação e eflorescência em menor número, embora não devam ser

considerados menos importantes, afinal podem afetar a estrutura de concreto armado e não por coincidência, justamente nesses pilares que foram encontradas essas patologias, as quais são consideradas os piores danos aos pilares.

O pilar mais afetado foi o P18 com grau de deterioração de $Gde = 91$, correspondendo ao nível sofrível, necessitando de planejamento de intervenção em seis meses, quanto aos pilares P16 e P23 vêm em segundo lugar, apresentando um grau de deterioração alto ($Gde = 62$), apresentando inspeção detalhada também, porém, o prazo para planejar intervenção é de no máximo 1 ano. Já os pilares P4, P13 apresentam níveis médios de danos e possuem mais tempo para aplicação do planejamento de intervenção de aproximadamente dois anos. Portanto, na torre A, tem-se 3 pilares apresentando danos significativos e exigindo uma urgência de curto a médio prazo nos reparos. Quanto aos demais, a maioria não apresenta danos tão relevantes, porém, é preciso ações de planejamentos em ações de intervenção em até dois anos para não agravar a manifestação patológica e no final deixá-la mais caro.

4.1.2 Vigas

A viga 1 da torre A, conforme é mostrado na figura 17, foi adotada as vigas das varandas em suas extremidades, a fim de facilitar a compreensão nas tabelas. Na figura 17, é evidenciado o estágio avançado de corrosão das armaduras na face interna. O reparo das estruturas pode ser feito de maneira análogo a explicação já realizada nos pilares.

Esta Viga, possui a situação mais crítica das vigas na torre A, apresentando um grau de deterioração aproximado de 101, correspondendo a nível de risco de crítico, necessitando de intervenção imediata.

Figura 17 - Viga 1 - Carbonatação ($F_i = 4$), Cobrimento deficiente ($F_i = 3$), Corrosão ($F_i = 3$) e deslocamento ($F_i = 4$)



Fonte: Autor próprio (2023).

Na figura 18, é possível constatar tanto nas vigas quanto nas lajes a presença de eflorescência de grau 3, manifestando-se através de manchas acentuadas e extensas. Além disso, observa-se o início de deslocamento e a corrosão das armaduras na laje.

Na eflorescência, o tratamento inicialmente é verificado se há a presença de infiltração, caso haja é necessário solucionar primeiramente este problema, em seguida, remover a eflorescência da superfície por meio de escovas de cerdas rígidas, de preferência evitando o uso exagerado de água, se a eflorescência for leve, a limpeza sanará os danos. Porém, essa técnica trata-se de um controle temporário da eflorescência, de baixo custo, necessitando ser feita frequentemente, sem garantia da remoção por completa do material. Outra alternativa é a aplicação de impermeabilizantes para área externa, a fim de resolver a presença de umidade na área afetada. (PUIM, 2010, apud BESSA e CODES, 2021).

Figura 18 - Viga 14 - Eflorescência (Fi=3), deslocamento (Fi=2) e corrosão de armadura (Fi=2) na laje 15



Fonte: Autor próprio (2023).

Na Figura 19, é observado uma fissura estrutural, que pode se tratada por meio da aplicação de impermeabilizantes com materiais de enchimento de resinas de alta resistência mecânica de modo que o local afetado pela patologia possa transmitir de modo eficiente o carregamento. Também é muito comum o tratamento de fissuras estruturais com o sistema de injeção de resinas de epóxi ou até de poliuretano estrutural. Para as fissuras passivas, o propósito é somente o enchimento de material na área com materiais flexíveis e resistentes a pressão hidrostática, assegurando impermeabilidade a longo prazo naquela área, o mais recomendado é utilizar injeção de resinas flexíveis. (CORSINI, 2016). Na inspeção visual foi realizado o teste para saber se a patologia ainda está trabalhando, após 24 horas foi possível observar que a patologia está classificada em fissuras passivas.

Figura 19 - Viga 15 - Fissuras (Fi=2)



Fonte: Autor próprio (2023).

Na figura 20, é possível notar a presença de bolor, a fim de resolver o problema causado pela umidade, é necessário realizar o lixamento ou escovação da viga em toda a área afetada pelo bolor. Em seguida, é recomendado aplicar um impermeabilizante específico na região onde a umidade está concentrada. (AZEVEDO e tal, 2020).

Figura 20 - Viga 20 - Manchas (Fi=3) e Laje 18 - Corrosão (Fi=2)



Fonte: Autor próprio (2023).

4.1.3 Lajes

As lajes L7, L11 e L12 foram desconsiderados por terem o rebaixamento de gesso para passagem de tubulação de esgoto e água, as demais que não tiveram análise foram por restrição ao acesso do local, exclusivos para os condôminos.

Na Figura 21, é observado que a laje apresenta problemas quanto a eflorescência em gravidade de grau quatro, ou seja, em toda região da laje formando grandes crostas de carbonato de cálcio, portanto, a presença de estalactite.

A laje da Figura 21 apresenta o maior grau de deterioração da estrutura de risco alto ($Gde = 51$), justamente por conta de a eflorescência ter obtido fator de intensidade quatro, o que acarreta numa distribuição de peso maior para o grau de deterioração do elemento indicado, pois, para todo elemento que possui uma patologia maior que 2, utiliza-se uma outra equação de cálculo, sendo equação 1 ou 2, a depender do fator de intensidade determinado, gerando maior peso, apesar da laje descrita não possuir tanta variedade de patologia como outras.

Figura 21 - Varanda da Laje 13 – Eflorescência ($Fi=4$) e deslocamento ($Fi=2$)



Fonte: Autor Próprio (2023).

Na Figura 22, há ocorrências de várias patologias comuns como a carbonatação em grau dois, pois apesar de ser localizada, mas atua numa pequena região e em estado inicial para médio, cobrimento e corrosão com grau dois e o deslocamento com o grau três, pois contém a exposição de armaduras.

Figura 22 - Laje 16 – Carbonatação (Fi=2), Cobrimento deficiente (Fi=2) e corrosão (Fi=2), e deslocamento (Fi=3)

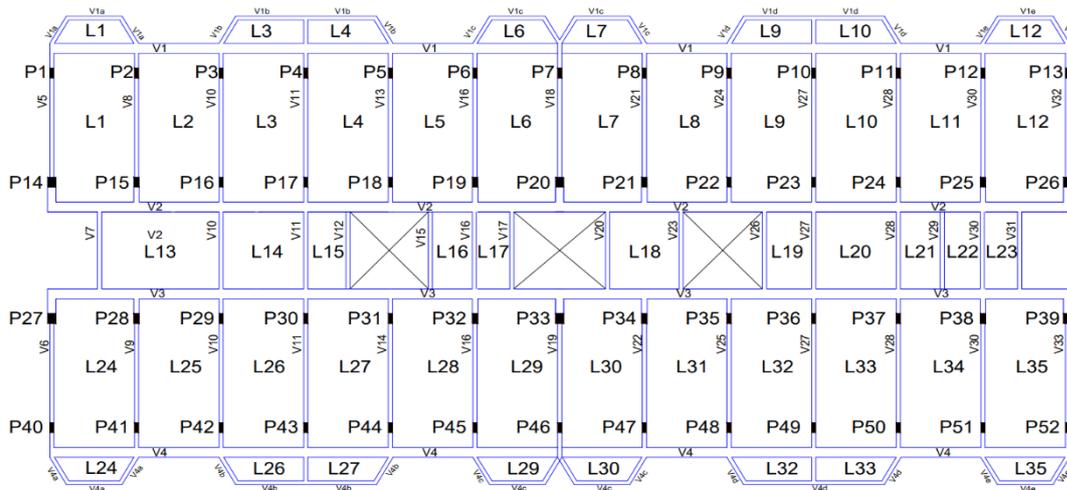


Fonte: Autor Próprio (2023).

4.2 Torre B

Como já mencionado, a torre B apresenta uma estrutura com mais elementos do que a torre anterior abrangendo 52 pilares, 33 vigas e 35 lajes, conforme é mostrado na Figura 23. Assim como na torre A, algumas lajes não foram analisadas por apresentarem rebaixamento de forro de gesso ou pela restrição do acesso aos condôminos na região das escadas. É possível observar também que há alguns elementos estruturais identificadas com o X, representando uma abertura em toda região, ou seja, que não há laje, de acordo com a Figura 22 mostrada abaixo.

Figura 23 - Croqui do Pavimento da Torre B



Fonte: Autor própria (2023).

4.2.1 Pilares

A figura 24 apresenta um pilar com evidente manifestação patológica de eflorescência, acompanhada por um considerável grau de deterioração do elemento, atingindo o nível três. A ocorrência dessas características aponta ocorrência de um problema sério na estrutura do pilar, possivelmente causado por infiltração ou umidade excessiva.

Figura 24 – Pilar 2 – Eflorescência (Fi=3)



Fonte: Autor própria (2023).

O pilar retratado na Figura 25 sofreu severas manifestações patológicas, exigindo uma intervenção urgente. Apresenta um elevado grau de deterioração no elemento crítico ($Gde = 152$), devido à intensa carbonatação, exposição e corrosão das armaduras, além de um notável deslocamento. Esses fatores contribuem para a danificação das armaduras. A imagem do pilar 16 revela que essa estrutura já passou por reparos anteriormente. É importante ressaltar que, se a perda de armadura for superior a 10% de sua seção, é necessário realizar o corte da barra deteriorada e substituí-la por uma nova, realizando uma amarração entre a barra nova e a barra antiga. (NASCIMENTO, 2015).

Figura 25 - Pilar 16 – Carbonatação ($Fi=3$), cobrimento deficiente ($Fi=3$), Corrosão ($Fi=4$) e Desplacamento ($Fi=4$)



Fonte: Autor própria (2023).

Nos dois pilares, conforme mostra Figura 26 e 27, tem-se problemas comuns: Corrosão de armadura, carbonatação e deslocamento. A figura 26, mostra um pilar com grau de deterioração elevado atingindo $Gde = 91$ e a Figura 27 com outro alcançando $Gde = 146$, classificados em sofrível e crítico respectivamente, exigindo exigência na intervenção para reparos de no máximo até seis meses e intervenção imediata na patologia da Figura 27.

Figura 26 - Pilar 25 - Carbonatação (Fi=3), corrosão (Fi=3) e deslocamento (Fi=4)



Fonte: Autor própria (2023).

Figura 27 - Pilar 38 – Carbonatação (Fi=3), corrosão (Fi=4) e deslocamento (Fi=4)



Fonte: Autor própria (2023).

A figura 28, apresenta um pilar em condição bem similar aos pilares mostrados anteriormente, justamente pela condição do tipo de prédio favorável a proliferação do gás carbônico. Seu grau de deterioração do elemento é 89, conforme é mostrado no Anexo C da tabela 6, exigindo uma intervenção até seis meses, segundo o modelo de classificação da metodologia GDE/UnB.

Figura 28 - Pilar 45 – Carbonatação (Fi =3), cobertura deficiente (Fi =3), corrosão (Fi = 2) e deslocamento (Fi =4)



Fonte: Autor Próprio (2023).

4.2.2 Vigas

Na Figura 29, a viga apresenta eflorescência de grau três, caracterizada por manchas de em grandes extensões. Recomenda-se a realização de possíveis reparos dentro de um prazo máximo de dois anos.

Figura 29 - Viga 1 - Eflorescência (Fi=3)



Fonte: Autor Próprio (2023).

Na Figura 30, podemos observar a presença de corrosão nas armaduras, acompanhada de manifestações leves e pequenas manchas. Além disso, há um deslocamento significativo, atingindo o grau três, com a exposição das armaduras.

Figura 30 - Viga 2 - Corrosão (Fi=2) e deslocamento (Fi=3)



Fonte: Autor Próprio (2023).

Na Figura 31, é verificado o surgimento de várias manifestações patológicas que demandam uma intervenção imediata e detalhada. É notado o nível mais elevado de deterioração nas vigas, com um grau de deterioração do elemento de 68, o que mostra que o nível de risco da estrutura é alto com níveis de planejamento para intervenção de no máximo um ano.

Figura 31 - Viga 2 - Carbonatação (Fi =3), cobertura deficiente (Fi=3), Corrosão (Fi=3) e deslocamento (Fi=3)



Fonte: Autor próprio (2023).

Tanto nas Figuras 32 como na Figura 33, foram identificadas patologias semelhantes, com variações apenas nos fatores de intensidade da corrosão das armaduras. Em decorrência disso, os graus de deterioração apresentam proximidades significativas.

Figura 32 - Viga 3 - Carbonatação ($F_i=3$), cobertura deficiente ($F_i=2$), Corrosão ($F_i=2$) e deslocamento ($F_i=2$)



Fonte: Autor próprio (2023).

Figura 33 - Viga 21 – Carbonatação ($F_i =3$), Cobrimento deficiente ($F_i=2$), corrosão ($F_i =3$) e deslocamento ($F_i =3$)



Fonte: Autor próprio (2023).

Nas Figuras 34 e 35, as vigas apresentam grau de deterioração de 24 e 38 respectivamente, grau médio, porém, destaca-se a presença de infiltração em praticamente todas

vigas externas a edificação, um problema bem frequente em relação as construções no Brasil. Para resolver essa questão, é essencial verificar a hipótese de existência de algum vazamento na tubulação que passa da viga para o pilar. Recomenda-se realizar uma impermeabilização utilizando manta líquida, pois além de oferecer segurança, também apresenta facilidade de aplicação.

Figura 34 - Viga 31 – Infiltração ($F_i = 3$)



Fonte: Autor próprio (2023).

Figura 35 - Viga 33 - Infiltração ($F_i = 2$)



Fonte: Autor próprio (2023).

4.2.3 Lajes

Na Figura 36, é identificado uma manifestação patológica de bolor com grau dois, caracterizado pela presença de pequenas manchas ao longo da superfície. Essas manchas representam riscos baixos para a integridade da edificação.

Figura 36 - Laje 1 - Manchas (Fi =2)



Fonte: Autor próprio (2023).

Por outro lado, a Figura 37 a laje apresentou o maior grau de deterioração, classificado como nível crítico (Gde = 165). Nesse caso, é imprescindível uma reparação imediata, uma vez que a estrutura sofreu danos graves e necessita de uma intervenção rápida. A solução para esse problema já foi previamente descrita para situações semelhantes na torre A.

Figura 37 - Laje 8 - Carbonatação (Fi=4), cobertura deficiente (Fi=3), corrosão (Fi=4), eflorescência (Fi=3), deslocamento (Fi=4). infiltração (Fi=3) e manchas (Fi=2)



Fonte: Autor próprio (2023).

A Figura 38, observa-se a ocorrência de carbonatação com um grau dois, indicando a penetração de dióxido de carbono no concreto. Além disso, identifica-se um cobrimento insuficiente com um grau três, o que resulta na exposição das armaduras e na redução da proteção contra a corrosão. Por fim, nota-se um deslocamento significativo com um grau três, sendo acompanhado pela exposição das armaduras. Essas condições patológicas requerem uma intervenção imediata para preservar a integridade estrutural, garantir a segurança e prevenir danos futuros, pois a estrutura tem grau de deterioração 165, classificado em crítico com planejamento de intervenção imediato.

Figura 38 - Laje 11 - Carbonatação (Fi=2), cobertura deficiente (Fi=3), corrosão (Fi=3) e deslocamento (Fi=3)



Fonte: Autor próprio (2023).

Ao analisar a Figura 39, destaca-se principalmente a ocorrência acentuada de eflorescência, atingindo o grau três. Essa manifestação patológica está amplamente presente em uma região considerável da laje, resultando não apenas em manchas visíveis, mas também indicando a presença de infiltração. Além disso, é possível observar o deslocamento, evidenciado na figura 39.

Figura 39 - Laje 25 – Deslocamento (Fi=3), eflorescência (Fi=3), e infiltração (Fi=3) e manchas (Fi=2)



Fonte: Autor próprio (2023).

Na Figuras 40, é notável que houve uma tentativa de reparação prévia, entretanto, não foi resolvido o problema, transformando os danos significativos com grau de deterioração das lajes de 143, representando a segunda laje mais deteriorada no estudo de caso da torre B.

Figura 40 - Laje 30 - Carbonatação (Fi=3), cobrimento deficiente (Fi=3), corrosão (Fi=4) e deslocamento (Fi=3)



Fonte: Autor próprio (2023).

Na figura 41, é perceptível que houve uma tentativa de reparação sem sucesso, pois, a laje possui diversas manifestações patológicas graves e com urgência no tratamento das intervenções das patologias, devido ao seu grau de deterioração alto.

Figura 41 - Laje 32 - Carbonatação (Fi=4), cobrimento deficiente (Fi=3), corrosão (Fi=3) e deslocamento (Fi=4)



Fonte: Autor próprio (2023).

4.3 Análise de resultados

No gráfico 4, é possível interpretar os dados das torres A e B coletadas na inspeção visual. Na classificação baixo, a torre A tem 23 pilares classificados como grau de deterioração do elemento Baixo, representando 82% do total de pilares da Torre A. Por outro lado, a torre B tem 38 pilares classificados como Baixo, representando 73% do total de pilares. A torre A tem um menor número de pilares absolutos classificado como baixo, porém, em termos percentuais apresenta uma quantidade maior de pilares afetados.

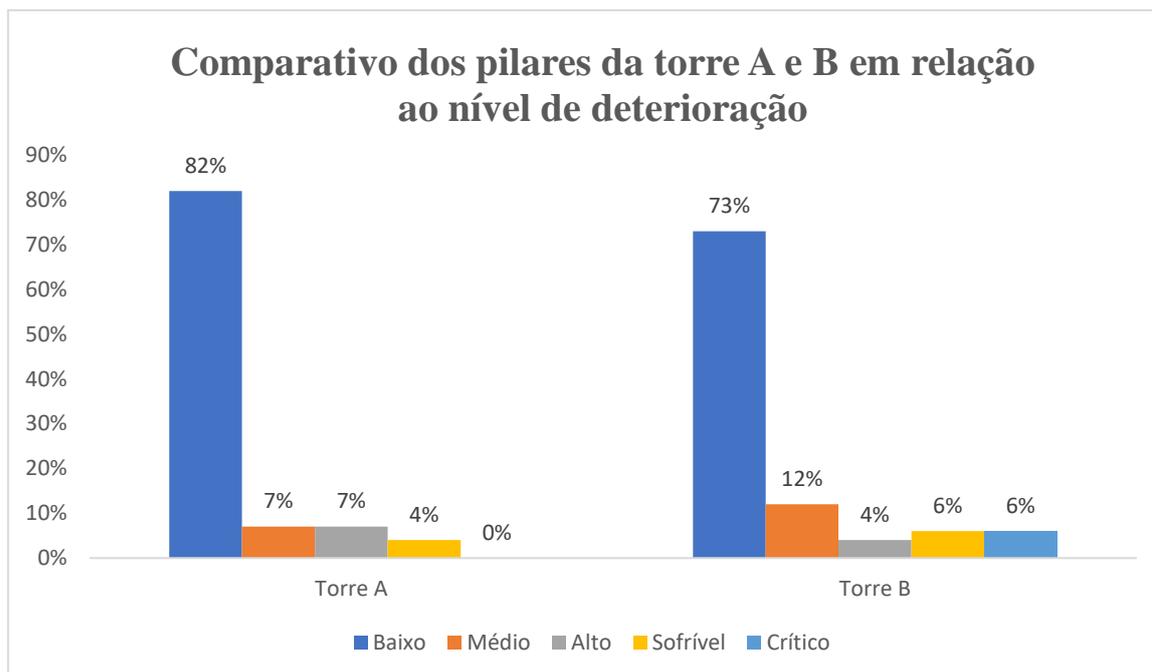
Na classificação médio, a torre A tem 2 pilares classificados como médio, representando 7% do total de pilares. Já a torre B tem 6 pilares classificados como médio, representando 12% do total de pilares.

Na classificação alto, a torre A tem 2 pilares classificados como alto, representando 7% do total de pilares. Por sua vez, a torre B tem 2 pilares classificados como alto, representando 4% do total de pilares. Ambas as torres possuem uma quantidade igual de pilares classificados como alto, porém a torre B tem mais pilares que a torre A, mostrando que são iguais em números absolutos, porém em relação a comparação percentual, a torre A se mostra mais deteriorada.

Na classificação sofrível, a torre A possui 1 pilar classificado como sofrível, representando 4%, já na torre B possui 3 pilares classificados como sofrível, representando 6% do total de pilares. A torre B tem uma quantidade maior de pilares nessa classificação, enquanto a Torre A possui apenas um pilar nessa categoria.

Por último, no crítico, a torre A não possui pilares classificados como crítico. No entanto, a torre B possui 3 pilares classificados como crítico, representando 6% do total de pilares. Nesse caso, a torre B tem uma quantidade significativa de pilares nessa classificação em comparação com a torre A que não apresenta nenhuma.

Gráfico 4 - Comparativo dos pilares da torre A e B em relação a classificação do grau de deterioração

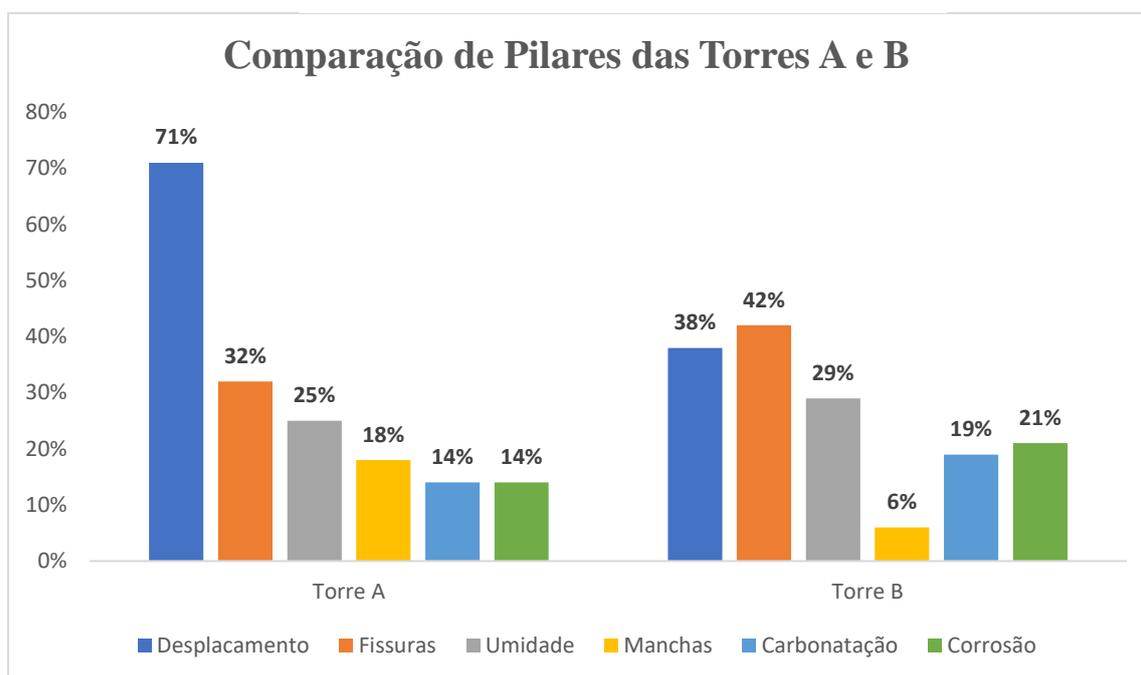


Fonte: Autor próprio.

No gráfico 5, observa-se que o dano mais comum na torre A foi o deslocamento, presente em 71% dos pilares com essa patologia. Além disso, outras incidências de menor impacto também afetaram esses elementos, tais como fissuras 32%, umidade 25%, manchas 18% e, por último, carbonatação e corrosão 14%.

Continuando com o Gráfico 5, é evidente que os danos mais significativos na torre B foram: fissuras, representando 42% dos casos, seguido pelo deslocamento com 38% e a umidade com 29%. Além disso, também foram encontrados danos menos proeminentes, como a corrosão, afetando aproximadamente 21% dos elementos, a carbonatação com 19% e, por fim, as manchas, que foram identificadas em apenas 6% dos casos.

Gráfico 5 - Comparação de Pilares das torres A e B



Fonte: Autor próprio.

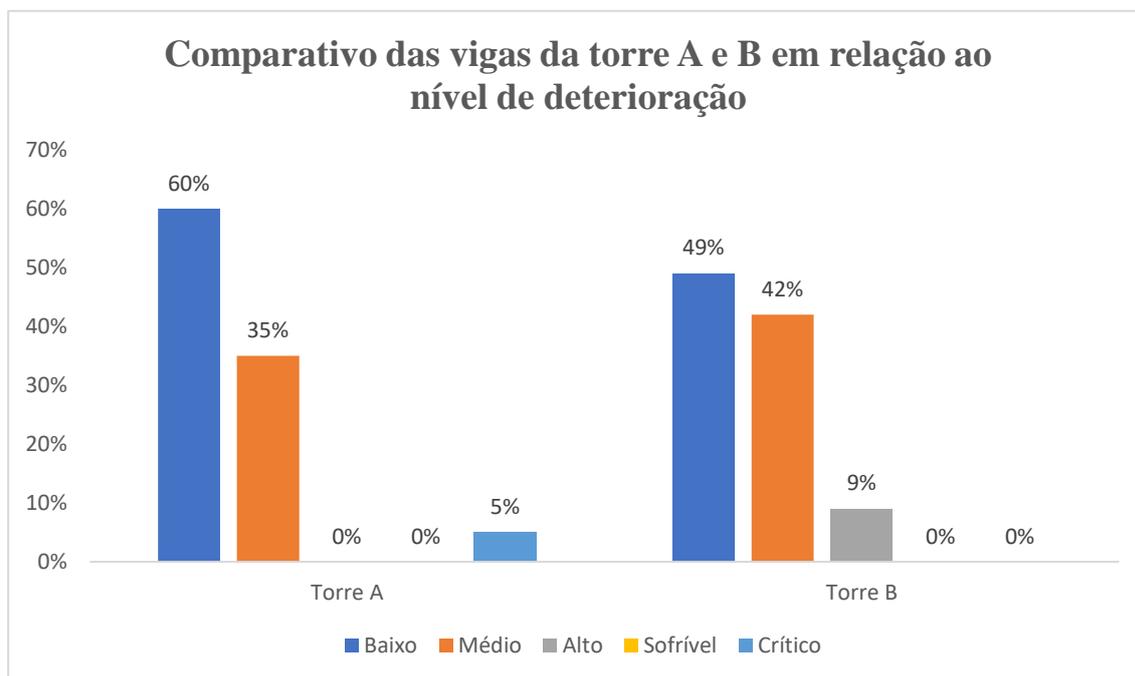
No gráfico 6, é possível observar a comparação entre as vigas, quanto a torre A apresenta 12 pilares classificados como baixo, representando 60% do total de pilares, já a torre B possui 16 pilares classificados como baixo, correspondendo a 49% do total de pilares. Logo, a torre A tem uma proporção maior de pilares classificados como baixo em relação à torre B, porém em números absolutos a torre B tem maior frequência de pilares afetados.

Na categoria do grau médio, a torre A conta com 7 pilares classificados como médio, representando 35% do total de pilares. Enquanto que a Torre B possui 14 pilares classificados como médio, correspondendo a 42% do total de pilares. Nesse caso, a Torre B tem uma proporção maior percentualmente e números absolutos de pilares classificados como médio.

Na classificação do grau alto, a Torre A, não há pilares classificados como alto, já a torre B possui 3 pilares nessa categoria, representando % do total de pilares. Portanto, a Torre B tem uma quantidade significativa de pilares classificados como alto em relação à Torre A.

Por último, no grau sofrível a torre A e B não possuem nenhum pilar enquadrado nesta categoria. No nível crítico com grau de deterioração acima de 100, apenas a torre A possui um pilar, representando 5%.

Gráfico 6 - Comparativo dos pilares da torre A e B em relação a classificação do grau de deterioração

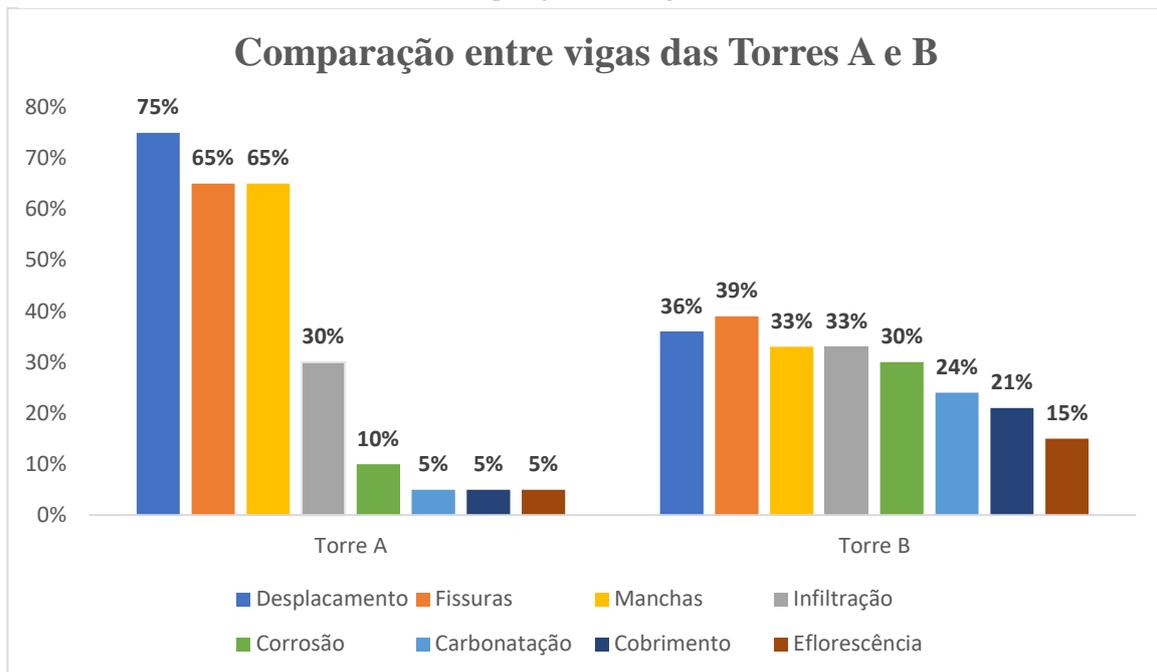


Fonte: Autor próprio.

No gráfico 7, pode-se observar que as manifestações patológicas mais comuns nas vigas da torre A foram: deslocamento, presente em 75% dos casos, fissuras e manchas, ambas com 65%. Além disso, foram encontradas outras patologias menos relevantes, como infiltração, com 30%, carbonatação, cobrimento e eflorescência, todas representando 5% das patologias.

Continuando com o gráfico 7, na torre B, as patologias apresentam números mais concentrados: fissuras correspondendo a 39%, deslocamento a 36%, manchas e infiltração ambas com 33%. A corrosão afeta cerca de 30% das vigas, enquanto a carbonatação atinge 24%, o cobrimento 21% e, por fim, a eflorescência 15%.

Gráfico 7 - Comparação entre vigas das torres A e B



Fonte: Autor próprio.

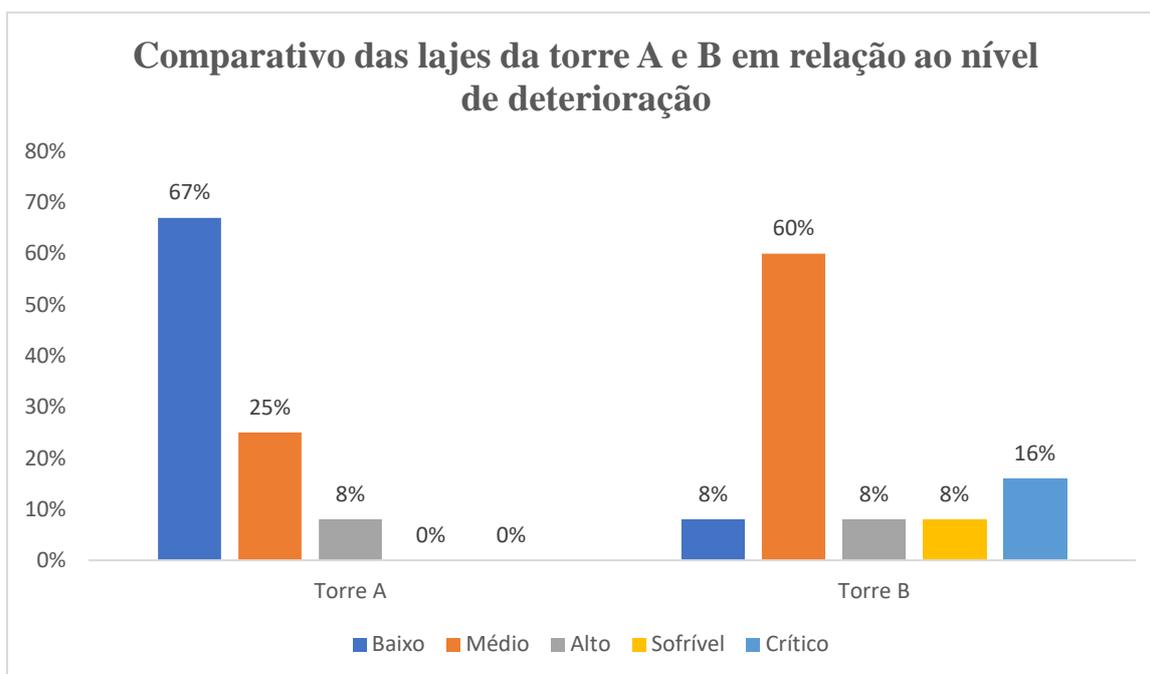
No gráfico 8, observa-se que na classificação do grau das lajes temos a categoria baixo, a Torre A apresenta 8 lajes classificadas como baixo, representando 67% do total de lajes. Enquanto que a torre B tem apenas 2 lajes, correspondendo a 8% do total de lajes. Logo, a torre A tem uma proporção significativamente maior de lajes classificadas como baixo em comparação com a Torre B e maior número absoluto.

Na categoria Médio, a Torre A tem 3 lajes classificadas como médio, representando 25% do total de lajes. Já, a Torre B possui 15 lajes classificadas como médio, correspondendo a 60% do total de lajes, mostrando que é a laje que apresenta maior frequência de danos. portanto, a Torre B tem um número absoluto muito superior, além do mais, em termos percentuais é aproximadamente o triplo da torre A.

Na classificação do grau alto, a Torre A possui 1 laje classificada como alto, representando 8% do total de lajes. A Torre B também possui 2 lajes classificadas como alto, correspondendo a 8% do total de lajes. Ambas as torres têm uma proporção praticamente iguais de lajes classificadas como alto, apesar da torre B ter maior quantidade.

Por último, na Torre A não há lajes classificadas como sofrível, enquanto a torre B tem 2 lajes nessa classificação, representando 8% do total de lajes. Na torre A, não há lajes classificadas no nível crítico, enquanto que a torre B apresenta 4, representando 16%.

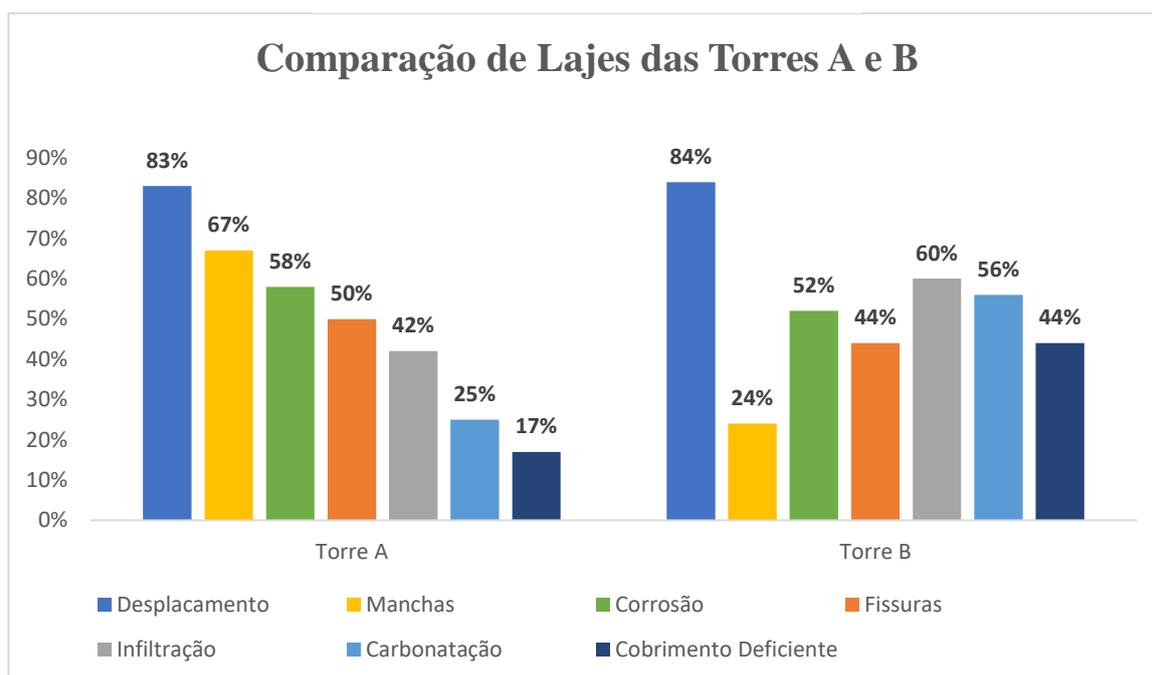
Gráfico 8 - Comparativo das lajes entre as torres A e B



Fonte: Autor próprio.

No gráfico 9, observa-se que os maiores danos na torre A são os 83% do deslocamento, enquanto que na torre B representa 84%, o que indica um número próximo e praticamente um empate técnico. Na torre A, as manchas representam 67%, ao passo que na torre B apenas 24%, indicando que há uma diferença de 43%. Em relação a corrosão, a torre A mostra 58%, já na torre B indica 52%, representando um comportamento similar nas duas torres. Nas fissuras, é perceptível uma diferença pequena entre as torres com 50% para torre A e 44% para a torre B. Na questão da infiltração, a torre A apresenta 42% e a torre B com 60%, mostra que a presença de infiltração na torre B é mais frequente. A carbonatação na torre A indica apenas 25%, por outro lado, na torre B é representado por 56%, ou seja, o dobro da torre A. Por fim, na torre A, o cobrimento deficiente é atingido por 17%, enquanto que na torre B é aproximadamente de 44%.

Gráfico 9 - Comparação de lajes das torres A e B



Fonte: Autor próprio.

Diante da tabela 3 e 4, é possível inferir que os pilares da torre A tem o Grau de deterioração da família de 118, classificado como sofrível e a torre B tem o grau de deterioração da família de 207, categorizado como crítico, sofrendo de urgência para maiores intervenções. Em relação as vigas, a torre A tem o grau de deterioração da família de 130, classificado como crítico, necessitando de urgência nas intervenções e a torre B com grau de 93, classificada como sofrível, logo, nas vigas, a torre A apresenta a situação mais danosa a estrutura. Já nas lajes, há uma discrepância muito grande entre as duas torres, a torre A tem o grau de deterioração de família de 65, classificada como alto, enquanto que a torre B apresenta um grau de deterioração da estrutura de 227.

Tabela 3 - Grau de deterioração global da estrutura da torre A

Elementos	Gdf	Fr	Gd	Nível de deterioração	Ações recomendadas
Pilares	117.58	5.00	107	Crítico	Planejar intervenção imediata
Vigas	130.28	5.00			
Lajes	64.83	4.00			

Fonte: Autor próprio.

Tabela 4 - Grau de deterioração global da estrutura da torre B

Elementos	Gdf	Fr	Gd	Nível de deterioração	Ações recomendadas
Pilares	206.50	5.00	171.68	Crítico	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata
Vigas	92.90	5.00			
Lajes	226.60	4.00			

Fonte: Autor próprio.

Através da análise dos dados da tabela 3 e 4, podemos contemplar uma visão panorâmica das condições estruturais das torres A e B, revelando nuances intrigantes. Na torre B, Os pilares mais críticos alcançaram níveis avançados de deterioração, evidenciando a urgência de intervenções imediatas para assegurar a segurança e a estabilidade dessa imponente estrutura.

Ao redor da torre A, a situação dos pilares também merece atenção, embora em um grau ligeiramente inferior quando comparado à sua contraparte vizinha. Nas vigas, é importante destacar que a presença marcante da viga 1 confere um fator agravante ao Gdf das vigas na torre A. O desafio adicional imposto por essa viga específica inevitavelmente contribui para um aumento no grau de deterioração das vigas, estabelecendo uma relação notável entre as duas torres.

Já as lajes, suportes horizontais que conferem estabilidade e harmonia ao conjunto arquitetônico, manifestam-se como pontos de atenção especial na torre B. Nesse domínio, é notório um grau de deterioração substancialmente superior em relação à torre A, o que denota a necessidade de medidas corretivas oportunas para preservar a integridade estrutural dessa majestosa construção, conforme as soluções já propostas neste presente trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo concluído foi baseado numa inspeção visual de 2 torres de concreto armado na edificação Sol Morar, por meio da metodologia GDE/UnB, com o propósito de verificar o grau de deterioração da estrutura. A metodologia empregada permitiu classificar todos os elementos estruturais das torres, avaliando a inspeção detalhada para intervenção daquela patologia encontrada.

A partir das pesquisas realizadas, verificou-se que as estruturas de concreto armado estão expostas as manifestações patológicas, principalmente pelas questões iniciais na fase de projeto, execução na obra e pela ausência de material inadequada ou material de má qualidade.

As principais patologias encontradas por ordem de frequência foram deslocamento, fissuras, manchas, carbonatação, corrosão, eflorescência e cobrimento deficiente.

Em relação a comparação do grau de deterioração global da estrutura, a torre A tem o grau global de 92,80, classificado como sofrível, sendo essencial uma inspeção detalhada até os próximos seis meses, enquanto que a torre B tem o grau global de estrutura de 171,50, praticamente o dobro da torre A, necessitando de inspeções urgentes.

A Torre B tem uma situação mais crítica em relação ao grau de deterioração global dos pilares, pois apresenta em números absolutos o dobro de elementos estruturais que na torre A, enquanto as lajes também apresentam um maior grau de deterioração em comparação com a Torre A. Esta torre tem maior grau apenas nas vigas em relação a torre B, justamente por conta de uma viga que está com grau de deterioração do elemento fora da curva, sendo assim, o Gdf está superestimado, portanto, após zerar essas patologias na viga 1 da torre A, a torre B estará também com grau de deterioração maior que na torre A.

Por fim, urge a necessidade de uma intervenção iminente, especialmente na torre B, com o intuito de salvaguardar a integridade estrutural e maximizar o custo-benefício no reparo das suas edificações. Conforme o tempo avança, observa-se uma curva exponencial de aumento nos custos, reforçando a importância de uma abordagem proativa.

Embora seja válido ressaltar a natureza crítica dos níveis de deterioração atuais, é notável que as edificações não atingirão os estados limites últimos nos próximos anos. No entanto, é imperativo implementar um planejamento de intervenção estratégico para reparar as patologias, sobretudo aquelas de maior gravidade. Essas ações permitirão recalibrar o cálculo

do Grau de Deterioração Global da estrutura, atestando que os problemas deixarão de ser classificados como críticos.

Assim, torna-se indispensável orquestrar uma abordagem refinada e holística para remediar as fragilidades existentes. Ao adotar um planejamento estruturado, é possível conduzir os reparos de maneira eficaz e mitigar potenciais riscos futuros. A restauração minuciosa não apenas preservará a integridade arquitetônica desses monumentos, mas também garantirá a segurança das pessoas que os frequentam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. São Paulo: Pini, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR 15575-1 **Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais; Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118: **Estruturas em concreto armado: – procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

AZEVEDO, Mariana E. A e tal. **Patologias em estrutura de concreto – Estudo de Caso: Bloco I da Universidade Federal do Tocantins**. Tocantins. 2020.

BARROS, Tacylla *et al.* **Análise de fatores contribuintes para a ocorrência de corrosão de armaduras: Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural. I** Semipar- Seminário de patologia e recuperação estrutural, Recife. Universidade de Pernambuco, 2016.

BAZZAN, Giselle Christine da Graça. **Análise do cobrimento e carbonatação em obras de artes especiais no estado de São Paulo**. São Paulo, 2014 Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade de São Paulo.

BESSA, Renan Campelo; CODES, Rodrigo Nogueira de: **Análise bibliográfica referente às eflorescências e formas de mitigação do fenômeno**. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró – RN, 2021

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Concreto armado: Estados limites de utilização**. Ilha Solteira, 2005 Apostila - Departamento de engenharia civil, Universidade Estadual Paulista.

CASTRO, Eliane Kraus. **Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado (Mestrado)**: Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília. Brasília, 1994.

CORSINI, Rodnei, **Trinca ou fissura?** Revista Técnica, São Paulo, 2016.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. **Patologia e Terapia do Concreto Armado**. São Paulo: Pini, 1988.

DO NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante; VASCONCELOS, Livia Tenório; SOARES, Arthur Pimentel Falcão. **Corrosão em armadura de concreto**. Maceió, 2015.

FARIAS, Roberto Fernando Dos santos. **Corrosão das armaduras do concreto**: mecanismos e controle. Dissertação (Mestrado). UNIVERSIDADE SÃO PAULO. São Paulo, 1982.

FERREIRA, Joana Alexandra de Almeida. **Técnicas de diagnóstico de patologias em edifícios (Mestrado)**: especialização em Construções. Faculdade de Engenharia Universidade de Porto – FEUP. Porto - Portugal, 2010.

FONSECA, Régis Pamponet. **A Estrutura do Instituto Central de Ciências**: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção (Mestrado). Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2007.

GONÇALVES, Eduardo A.B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificação**. Rio de Janeiro. 2015

GOOGLE maps.

GRANDISKI, Paulo. **Perícias Judiciais**. São Paulo: LEUD, 1995.

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

IBEAPE - Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia: **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**. Recife, 2003.

INSTITUTO Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo IBAPE/SP: **NORMA DE INSPEÇÃO PREDIAL**. São Paulo, 2011.

LAPA, José Silva. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Belo Horizonte, 2008 Monografia - Universidade Federal de Minas Gerais.

MACHADO, Ari de Paula. **Manual de Reforço das Estruturas de Concreto armado com fibras de carbono**. Pini, 2002.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise Chemale. **Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal de Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde**. Santa Catarina, 2011 Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade do Extremo Sul Catarinense.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Rio de Janeiro, 2013 Monografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

REVISTA DE ENGENHARIA E PESQUISA APLICADA. Edição especial– Conferência Nacional de patologia e recuperação de estruturas. Volume 2, número 3. 2017.

PEDRO, Edmundo Gonçalves *et al.* **Patologia em revestimento cerâmico de fachada.** Belo Horizonte, 2002 Monografia - Fea Fumec – Faculdade de Engenharia e Arquitetura.

POSSAN, Edna; DEMOLINETHOMA, Carlos Alberto. **Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações:** Abordagem Geral. Revista técnico-científica CREA-PR, 2013.

POZZOBON, Fernanda Perdigão. **Principais manifestações patológicas em estruturas de concreto armado e estudos de casos.** Rio de Janeiro, 2018 Trabalho de Conclusão de Curso.

RIPPER, Thomaz; SOUZA, Vicente. **Patologia, recuperação e reforço de estrutura de concreto.** São Paulo: Pini, 1998.

SHIRAKAWA; Marcia aiko *et al.* **Identificação de fungos em revestimentos de argamassas com bolor evidente:** Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia: Ufgo, 1995.

SILVA, Paulo Fernando Araújo. Durabilidade das estruturas de concreto Aparente em Atmosfera Urbana. São Paulo: Editora Pini, 1995.

TECNOSIL. **Corrosão de armadura:** O que causa e como amenizar esse dano? <https://www.tecnosilbr.com.br/conteudo/?p=110>. 2017. Disponível em: . Acesso em: 10 fev. 2023.

THOMAZ, Ercio. Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação. **Trincas em edifício:** Causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1989.

VILAS BOAS, Edna *et al.* **Aplicação de uma metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional:** Estudo de caso em Águas lindas de Goiás-GO. Águas Claras - Brasília-DF, 2018 Dissertação.

VITÓRIO, José Afonso P. **A manutenção e gestão de obras de arte especiais.** Encontro Nacional de empresas de engenharia e arquitetura consultiva, Recife. 2005.

ZUCHETTI, Pedro Augusto B. Patologias da construção civil: Investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do Taquaris/RS. Porto Alegre. 2015

ANEXO A – FATORES DE INTENSIDADE DO DANO

Tabela 5 - Fatores de Intensidade do dano

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano
Carbonatação	1 – Localizada, com algumas regiões com $\text{pH} < 9$, sem atingir armadura; 2 – Localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 – Localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 – Generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 – Menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 – Menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 – Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	2 – Em elementos no interior sem umidade; 3 – Em elementos no exterior sem umidade; 4 – Em ambientes úmidos
Corrosão de armaduras	2 – Manifestações leves; 3 – Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4 – Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Desagregação	2 – Início de manifestação; 3 – Manifestações leves; 4 – Por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.
Deslocamento por empuxos	3 – Deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável; 4 – Deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável
Desvios de geometria	2 – pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ (h = altura); 3 – pilares e cortinas com excentricidades $h/100 \leq e < h/50$; 4 – pilares e cortinas com excentricidades $\geq h/50$.
Eflorescência	1 – Início de manifestações; 2 – Manchas de pequenas dimensões; 3 – Manchas acentuadas, em grandes extensões; 4 – Grandes formações de crostas de carbonato de cálcio.
Desplacamento	2 – Pequenas escamações do concreto;

	<p>3 – Lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura;</p> <p>4 – Lascamento acentuado com perda relevante de seção.</p>
Fissuras	<p>1 – Abertura menores do que as máximas previstas em norma;</p> <p>2 – Estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma;</p> <p>3 – Aberturas excessivas; estabilizadas;</p> <p>4 – Aberturas excessivas; não estabilizadas.</p>
Flechas	<p>1 – Não perceptíveis a olho nu;</p> <p>2 – Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma;</p> <p>3 – Superiores em até 40% às previstas na norma;</p> <p>4 – Excessivas</p>
Impermeabilização deficiente	<p>2 – Danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização;</p> <p>3 – Descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração);</p> <p>4 – Degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.</p>
Infiltração	<p>1 – Indícios de umidade;</p> <p>2 – Pequenas manchas;</p> <p>3 – Grandes manchas;</p> <p>4 – Generalizada.</p>
Infiltração na base	<p>3 – Indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações;</p> <p>4 – Vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto as fundações.</p>
Manchas	<p>2 – Manchas escuras de pouca extensão, porém significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural);</p> <p>3 – Manchas escuras de grande extensão (> 50%);</p> <p>4 – Manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).</p>
Obstrução de juntas de dilatação	<p>2 – Perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes;</p> <p>3 – Presença de material não compressível na junta; grande incidência de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes;</p>

	4 – Fissuras em lajes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 – Indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 – Recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 – Recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
Falhas de concretagem	1 – Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2 – Significante em relação às dimensões da peça; 3 – Profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 – Perda relevante da seção da peça.
Sinais de esmagamento do concreto	3 – Desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da estrutura; fissuras diagonais isoladas; 4 – Fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento e/ou esmagamento do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de material; deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
Vazamentos em reservatórios	2 – Indícios de umidade nas paredes e fundo; 3 – Umidade significativa nas paredes e fundo; 4 – Ocorrência generalizada.

Fonte: Fonseca (2007)

ANEXO B – TORRE A

Tabela 6 – Pilares da torre A

Elementos	Tipo dos Danos	D	$D_{Máx}$	G_{de}	Nível de deterioração
P1	Fissuras e Umidade	5.6	3.2	4.57	Baixo
P2	Sem patologias	0	0	0.00	Baixo
P3	Desplacamento	4.8	4.8	4.80	Baixo
P4	Carbonatação, corrosão e deslocamento	56	24	37.71	Médio
P5	Sem patologias	0	0	0.00	Baixo
P6	Desplacamento e fissuras	8	4.8	6.72	Baixo
P7	Desplacamento	4.8	4.8	4.8	Baixo
P8	Fissuras e umidade	8	4.8	6.72	Baixo
P9	Desplacamento e fissuras	8	4.8	6.72	Baixo
P10	Desplacamento e fissuras	8	4.8	6.72	Baixo
P11	Desplacamento e manchas	9.6	4.8	7.20	Baixo
P12	Desplacamento e manchas	9.6	4.8	7.20	Baixo
P13	Desplacamento	24	24	24.00	Médio
P14	Desplacamento e umidade	9.6	4.8	7.20	Baixo
P15	Desplacamento, fissuras, manchas e umidade	17.6	4.8	8.29	Baixo
P16	Carbonatação, corrosão e deslocamento.	88	40	61.82	Alto

P17	Sem patologias	0	0	0.00	Baixo
P18	Desplacamento e manchas	124	60	90.97	Sofrível
P19	Sem patologias	0	0	0.00	Baixo
P20	Fissuras	3.2	3.2	3.20	Baixo
P21	Desplacamento, eflorescência, fissuras e umidade	12	4.8	7.68	Baixo
P22	Desplacamento, fissuras e umidade	10.4	4.8	7.38	Baixo
P23	Carbonatação, corrosão e deslocamento	88	40	61.82	Alto
P24	Manchas	4.8	4.8	4.80	Baixo
P25	Desplacamento	4.8	4.8	4.80	Baixo
P26	Desplacamento e manchas	9.6	4.8	7.20	Baixo
P27	Desplacamento	4.8	4.8	4.80	Baixo
P28	Desplacamento e umidade	9.6	4.8	7.20	Baixo

Tabela 7 - Grau de deterioração de uma família de Elementos dos pilares da torre A

$G_{dem\acute{a}x}$	G_{df}	Nível de deterioração	F_r
90.97	117.58	Crítico	5.00

Tabela 8 – Vigas da torre A

Elementos	Tipo dos Danos	D	$D_{M\acute{a}x}$	G_{de}	Nível de deterioração
V1	Carbonatação, corrosão, deslocamento e fissuras	187.2	60.00	100.77	Crítico
V2	Desplacamento e manchas	9.6	4.80	7.20	Baixo
V3	Sem patologia	0	0.00	0.00	Baixo
V4	Desplacamento, fissuras e infiltração	16.8	4.80	8.23	Baixo

V5	Desplacamento, fissuras e infiltração	12.8	4.80	7.80	Baixo
V6	Desplacamento, fissuras e infiltração	12.8	4.80	7.80	Baixo
V7	Desplacamento, fissuras e infiltração	33.6	24.00	30.86	Médio
V8	Fissuras e manchas	6.4	4.80	6.00	Baixo
V9	Desplacamento, fissuras e manchas	12.8	4.80	7.80	Baixo
V10	Fissuras	24	24.00	24.00	Médio
V11	Desplacamento e manchas	9.6	4.80	7.20	Baixo
V12	Desplacamento, Fissuras e manchas	8.8	4.80	6.98	Baixo
V13	Sem patologia	0	0.00	0.00	Baixo
V14	Desplacamento, esflorescência e manchas	25.6	16.00	22.00	Médio
V15	Eflorescência, fissuras e manchas	8	4.80	6.72	Baixo
V16	Desplacamento e manchas	28.8	24.00	28.00	Médio
V17	Desplacamento e manchas	9.6	4.80	7.20	Baixo
V18	Desplacamento, fissuras e manchas	25.6	16.00	22.00	Médio
V19	Desplacamento, fissuras, manchas e infiltração	76.8	24.00	40.50	Médio
V20	Corrosão, deslocamento, fissuras, manchas e infiltração	61.6	24.00	38.65	Médio

Tabela 9 - Grau de deterioração de uma família de Elementos das vigas da torre A

$G_{dem\acute{a}x}$	G_{df}	Nível de deterioração	F_r
100.77	130.28	Crítico	5.00

Tabela 10 – Lajes da torre A

Elementos	Tipo dos Danos	D	$D_{M\acute{a}x}$	G_{de}	Nível de deterioração
L1	Corrosão, deslocamento e infiltração	17.60	8.00	12.36	Baixo

L2	Corrosão, desplacamento, fissuras e manchas	19.20	8.00	12.67	Baixo
L3	Corrosão, desplacamento e fissuras	35.20	24.00	31.64	Médio
L4	Desplacamento, fissuras e manchas	11.20	4.80	7.54	Baixo
L5	Manchas	4.80	4.80	4.80	Baixo
L6	Manchas e infiltração	9.60	4.80	7.20	Baixo
L13	Desplacamento, eflorescência, manchas e infiltração	40.00	50.59	Alto	40.00
L14	Desplacamento, fissuras, manchas e infiltração	4.80	8.16	Baixo	4.80
L15	Corrosão, desplacamento, manchas e infiltração	8.00	12.80	Baixo	8.00
L16	Carbonatação, corrosão, desplacamento e manchas	8.00	13.65	Baixo	8.00
L17	Carbonatação, cobrimento deficiente, desplacamento e fissuras	24.00	34.42	Médio	24.00
L18	Carbonatação, corrosão, desplacamento e fissuras	24.00	33.60	Médio	24.00

Tabela 11 - Grau de deterioração de uma família de Elementos das lajes da torre A

Gdemáx	Gdf	Nível de deterioração	Fr
50.59	64.83	Alto	4.00

ANEXO C – TORRE B

Tabela 12 - Pilares da torre B

Elementos	Tipo dos Danos	D	$D_{Máx}$	G_{de}	Nível de deterioração
P1	Fissuras e umidade	8.0	4.8	6.7	Baixo
P2	Eflorescência	16.0	16.0	16.0	Médio
P3	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P4	Fissuras	4.8	4.8	4.8	Baixo
P5	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P6	Deslocamento e fissuras	8.0	4.8	6.7	Baixo
P7	Deslocamento e fissuras	12.8	4.8	7.8	Baixo
P8	Deslocamento	4.8	4.8	4.8	Baixo
P9	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P10	Fissuras e umidade	5.6	3.2	4.6	Baixo
P11	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P12	Deslocamento, fissuras e umidade	12.8	4.8	7.8	Baixo
P13	Fissuras e umidade	12.8	8.0	11.0	Baixo
P14	Deslocamento, fissuras e umidade	60.8	32.0	47.2	Médio
P15	Carbonatação, corrosão, deslocamento	124.0	60.0	91.0	Sofrível
P16	Cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento	208.0	100.0	151.9	Crítico
P17	Fissuras	3.2	3.2	3.2	Baixo
P18	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P19	Deslocamento e fissuras	8.0	4.8	6.7	Baixo
P20	Eflorescências e fissuras	6.4	3.2	4.8	Baixo
P21	Deslocamento e fissuras	8.0	4.8	6.7	Baixo

P22	Umidade	4.8	4.8	4.8	Baixo
P23	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão e desplacamento	73.6	40.0	58.3	Alto
P24	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P25	Carbonatação, corrosão, desplacamento e fissuras	124.0	60.0	91.0	Sofrível
P26	Umidade	4.8	4.8	4.8	Baixo
P27	Fissuras e umidade	104.8	100.0	104.6	Crítico
P28	Carbonatação, corrosão, desplacamento e fissuras	60.8	24.0	38.5	Médio
P29	Carbonatação, corrosão e desplacamento	88.0	40.0	61.8	Alto
P30	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P31	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P32	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P33	Fissuras e manchas	8.0	4.8	6.7	Baixo
P34	Fissuras	4.8	4.8	4.8	Baixo
P35	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P36	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P37	Fissuras e manchas	8.0	4.8	6.7	Baixo
P38	Carbonatação, corrosão e desplacamento	184.0	100.0	145.7	Crítico
P39	Fissuras e umidade	9.6	4.8	7.2	Baixo
P40	Fissuras e umidade	8.0	4.8	6.7	Baixo
P41	Eflorescência, fissuras e umidade	9.6	4.8	7.2	Baixo
P42	Fissuras	3.2	3.2	3.2	Baixo
P43	Desplacamento e umidade	9.6	4.8	7.2	Baixo

P44	Manchas e umidade	9.6	4.8	7.2	Baixo
P45	Desplacamento	116.0	60.0	89.0	Sofrível
P46	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P47	Corrosão, deslocamento e umidade	34.4	24.0	31.3	Médio
P48	Fissuras	3.2	3.2	3.2	Baixo
P49	Carbonatação, corrosão e deslocamento	56.0	24.0	37.7	Médio
P50	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
P51	Carbonatação, corrosão e deslocamento	56.0	24.0	37.7	Médio
P52	Desplacamento	4.8	4.8	4.8	Baixo

Tabela 13 - Grau de deterioração de uma família de Elementos dos pilares da torre B

G_{demax}	G_{df}	Nível de deterioração	F_r
151.9	206.5	Crítico	5.0

Tabela 14 - Vigas da torre B

Vigas					
Elementos	Tipo dos Danos	D	$D_{Máx}$	G_{de}	Nível de deterioração
V1	Cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento, eflorescência, fissuras, manchas e infiltração	84.8	24.0	41.2	Médio
V2	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento, eflorescência, fissuras, manchas e infiltração	128.0	40.0	67.5	Alto
V3	Carbonatação, corrosão, deslocamento, fissuras e infiltração	70.4	24.0	39.8	Médio

V4	Desplacamento, eflorescência, fissuras, manchas e infiltração	41.6	24.0	34.2	Médio
V5	Fissuras e manchas	36.8	32.0	36.2	Médio
V6	Fissuras e manchas	28.8	24.0	28.0	Médio
V7	Fissuras e infiltração	28.8	24.0	28.0	Médio
V8	Eflorescência	3.2	3.2	3.2	Baixo
V9	Eflorescência	3.2	3.2	3.2	Baixo
V10	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V11	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V12	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V13	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V14	Desplacamento	4.8	4.8	4.8	Baixo
V15	Fissuras	24.0	24.0	24.0	Médio
V16	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V17	Fissuras e infiltração	28.8	24.0	28.0	Médio
V18	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V19	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V20	Corrosão e deslocamento	64.0	40.0	55.0	Alto
V21	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento e manchas	97.6	40.0	63.6	Alto
V22	Desplacamento	24.0	24.0	24.0	Médio
V23	Carbonatação, corrosão, deslocamento, fissuras e manchas	46.4	24.0	35.6	Médio
V24	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento e infiltração	27.2	8.0	13.6	Baixo
V25	Fissuras e Manchas	8.0	4.8	6.7	Baixo
V26	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V27	Carbonatação, corrosão de armaduras, deslocamento e fissuras	20.8	8.0	12.9	Baixo
V28	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo
V29	Sem patologia	0.0	0.0	0.0	Baixo

V30	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, manchas e infiltração	46.4	24.0	35.6	Médio
V31	Infiltração	24.0	24.0	24.0	Médio
V32	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão e manchas	46.4	24.0	35.6	Médio
V33	Deslocamento, fissuras, manchas e infiltração	56.0	24.0	37.7	Médio

Tabela 15 - Grau de deterioração de uma família de Elementos das vigas da torre B

$G_{demáx}$	G_{df}	Nível de deterioração	F_r
67.5	92.9	Sofrível	5.0

Tabela 16 - Lajes da torre B

Elementos	Tipo dos Danos	D	$D_{Máx}$	G_{de}	Nível de deterioração
L1	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento, eflorescência, manchas e infiltração	92.8	24.0	41.8	Médio
L2	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, deslocamento e eflorescência	44.8	24.0	35.1	Médio
L3	Corrosão, fissuras e deslocamento	35.2	24.0	31.6	Médio
L4	Carbonatação, Corrosão, deslocamento, fissuras e infiltração	83.2	24.0	41.1	Médio
L5	Carbonatação, cobrimento deficiente, fissuras e deslocamento	28.8	16.0	23.1	Médio
L6	Carbonatação, corrosão, deslocamento, fissuras e infiltração	64.0	24.0	39.0	Médio
L7	Carbonatação, corrosão, deslocamento e manchas	128.8	60.0	92.0	Sofrível

L8	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento, manchas e infiltração	288.8	100.0	165.4	Crítico
L9	Carbonatação, cobrimento deficiente, deslocamento e manchas	57.6	24.0	38.0	Médio
L10	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento	184.0	60.0	100.4	Crítico
L11	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento e manchas	116.8	40.0	66.3	Alto
L12	Infiltração e fissuras	27.2	24.0	26.8	Médio
L18	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão e deslocamento	115.2	40.0	66.1	Alto
L24	Deslocamento e infiltração	48.0	49.0	48.0	Médio
L25	Deslocamento, eflorescência, manchas e infiltração	68.8	24.0	39.6	Médio
L26	Eflorescência, fissuras e infiltração	11.2	4.8	7.5	Baixo
L27	Eflorescência, fissuras e infiltração	43.2	24.0	34.7	Médio
L28	Deslocamento e infiltração	48.0	24.0	36.0	Médio
L29	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão e deslocamento	128.8	60.0	92.0	Sofrível
L30	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento e infiltração	176.8	100.0	143.4	Crítico
L31	Deslocamento, fissuras e infiltração	32.0	24.0	30.0	Médio
L32	Carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão, deslocamento e infiltração	188.8	60.0	100.9	Crítico
L33	Deslocamento e infiltração	28.8	24.0	28.0	Médio
L34	fissuras	3.2	3.2	3.2	Baixo
L35	Deslocamento, eflorescência, fissuras e infiltração	48.0	24.0	36.0	Médio

Tabela 17 - Grau de deterioração de uma família de Elementos das lajes da torre B

G_{demax}	G_{df}	Nível de deterioração	F_r
165.4	226.6	Crítico	4.0