

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ALAN CRISTOFFER SOCOLOSKI REKSUA**

**DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO  
PÚBLICA PARALISADA DE IRATI-PR ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO  
GDE/UNB**

**GUARAPUAVA**

**2023**

**ALAN CRISTOFFER SOCOLOSKI REKSUA**

**DETERMINATION OF THE DEGREE OF DETERIORATION OF A PARALYZED  
PUBLIC CONSTRUCTION IN IRATI-PR THROUGH THE APPLICATION OF THE  
GDE/UNB METHOD**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof.Msc. Dyorgge Alves Silva

**GUARAPUAVA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ALAN CRISTOFFER SOCOLOSKI REKSUA**

**DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO  
PÚBLICA PARALISADA DE IRATI-PR ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO  
GDE/UNB**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador(a): Prof.Msc. Dyorgge Alves Silva

Data de aprovação: 14 de dezembro de 2023

---

Dyorgge Alves Silva

Mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília, UNB  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

---

Andreza Frare

Mestrado em Engenharia Civil  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

---

Camila Isaton

Doutora em Construção Civil – universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

**GUARAPUAVA**

**2023**

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho marca o fim de uma jornada incrível e, para isso, gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que tornaram este caminho possível.

Primeiramente agradeço a Deus, que sempre me provou que seria possível e que eu seria capaz de alcançar o que sempre sonhei.

Agradeço imensamente à minha família pelo apoio incondicional. À minha mãe e meu pai, que sempre se fizeram presentes, cuja fé em mim foi um farol durante os momentos desafiadores.

Agradeço a cada um dos meus professores pelos conhecimentos transmitidos ao longo da minha jornada acadêmica, que permitiram o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Dyorgge expresso minha sincera gratidão. Suas orientações, paciência e dedicação foram cruciais para a condução deste trabalho.

Agradeço a minha irmã que durante varias épocas soube me aconselhar e me ajudar a manter o foco. Agradeço por ser não apenas minha irmã, mas uma fonte inesgotável de inspiração e suporte ao longo dessa jornada acadêmica.

É com imensa gratidão que reservo um espaço especial para expressar meu agradecimento à mulher extraordinária que partilhou cada etapa desta jornada comigo, minha amada esposa Gabriele. Durante os desafios e triunfos, sua presença foi minha fonte inesgotável de apoio, conforto e incentivo. Seu encorajamento constante e crença em meu potencial foram o combustível que impulsionou este trabalho. Agradeço por ser minha parceira incansável nesta jornada acadêmica. Este trabalho é uma celebração do nosso compromisso e da força que encontramos juntos.

Por fim, dedico este trabalho às pessoas que, de uma forma ou de outra, cruzaram meu caminho e me inspiraram ao longo desta jornada acadêmica.

*Deus não escolhe os capacitados  
capacita os escolhidos.  
Fazer ou não fazer algo  
só depende de nossa vontade e perseverança  
(EINSTEIN, A.)*

## RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) direciona seu enfoque para a análise da patologia do concreto armado na obra do centro cultural Denise Stoklos, com ênfase na identificação e avaliação das deteriorações e anomalias presentes nesse ambiente específico. O propósito central da pesquisa consiste em compreender a natureza e a extensão dessas patologias, abrangendo aspectos como fissuras, corrosão, deslocamentos entre outros. Para atingir esse objetivo, adotou-se a Metodologia GDE/UnB, a qual utiliza fórmulas específicas e organiza os dados coletados em campo. A aplicação rigorosa dessa metodologia proporciona uma caracterização detalhada e uma análise aprofundada dos diversos tipos de patologias presentes na estrutura em questão. Ao oferecer essa visão minuciosa do estado estrutural, o estudo ressalta a significativa importância dessa análise para a preservação da durabilidade e da segurança das estruturas de concreto, especialmente em um contexto cultural como o centro Denise Stoklos. Os resultados obtidos por meio dessa pesquisa não apenas contribuem para um entendimento mais completo do estado da edificação, mas também desempenham um papel crucial na orientação de decisões de intervenção. A partir das conclusões extraídas, é possível direcionar ações específicas que visam não apenas corrigir as patologias identificadas, mas também preservar e prolongar a vida útil da obra, garantindo sua integridade ao longo do tempo.

Palavras-chave: Metodologia GDE/Unb; Manifestações Patológicas; Concreto Armado.

## **ABSTRACT**

This Final Course Project (FCP) focuses on the analysis of reinforced concrete pathology in the construction of the Denise Stoklos Cultural Center, with an emphasis on identifying and evaluating deteriorations and anomalies present in this specific environment. The central purpose of the research is to understand the nature and extent of these pathologies, encompassing aspects such as cracks, corrosion, displacements, among others. To achieve this objective, the GDE/UnB Methodology was adopted, which employs specific formulas and organizes field-collected data. The rigorous application of this methodology provides a detailed characterization and in-depth analysis of the various types of pathologies present in the structure under consideration. By offering this meticulous insight into the structural condition, the study highlights the significant importance of this analysis for the preservation of the durability and safety of concrete structures, especially in a cultural context like the Denise Stoklos Center. The results obtained through this research not only contribute to a more comprehensive understanding of the building's state but also play a crucial role in guiding intervention decisions. Based on the conclusions drawn, it is possible to direct specific actions aimed not only at correcting identified pathologies but also at preserving and extending the lifespan of the construction, ensuring its integrity over time.

**Keywords:** GDE/UnB Methodology; Pathological Manifestations; Reinforced Concrete.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Manifestações Patológicas no Brasil.....	20
Figura 2: Lei de Sitter, evolução dos custos.....	22
Figura 3: Parede com eflorescência.....	25
Figura 4: Exemplo de manchas.....	27
Figura 5: Determinação do grau de deterioração.....	31
Figura 6: Localização do Centro cultural Denise Stoklos.....	49
Figura 7: Planta de Situação do teatro.....	50
Figura 8: Planta variação de nível.....	50
Figura 9: Disposição das áreas.....	50
Figura 10: Área A.....	52
Figura 11: Pilar 1.....	55
Figura 12: Pilar 9; Laje 8.....	55
Figura 13: Viga 02-3.....	56
Figura 14: Pilar 8.....	56
Figura 15: Área B.....	57
Figura 16: Pilar 20.....	59
Figura 17: Pilar 18/ Laje 20.....	59
Figura 18: Área C.....	60
Figura 19: Laje 21.....	62
Figura 20: Marquise 1.....	62
Figura 21: Arquetônico 5.....	62
Figura 22: Arquetônico 3.....	62



## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1: Fatores de Intensidade .....	32
Tabela 2: Fatores de Intensidade .....	32
Tabela 3: Fatores de Intensidade .....	32
Tabela 4: Fator de Intensidade .....	34
Tabela 5: Fator de Ponderação ( <b>Fp</b> ) pilares .....	35
Tabela 6: Fatores de Ponderação ( <b>Fp</b> ) Para elementos Vigas .....	35
Tabela 7: Fator de ponderação ( <b>Fp</b> ) para elementos Lajes .....	36
Tabela 8: Fatores de pontuação ( <b>Fp</b> ) para rampas e escadas .....	36
Tabela 9: Fator de Ponderação ( <b>Fp</b> ) muros arrimo .....	37
Tabela 10: Fator de ponderação ( <b>Fp</b> ) Bloco de fundação .....	37
Tabela 11: Fator de ponderação ( <b>Fp</b> ) reservatorio .....	38
Tabela 12: Fator de ponderação ( <b>Fp</b> ) elemento de composição arquitetônica .....	38
Tabela 13: Classificação dos fatores de intensidade de dano .....	42
Tabela 14: Classificação dos níveis de deterioração de elementos .....	43
Tabela 15: Fator relevância estrutural ( <b>Fr</b> ) .....	44
Tabela 16: - Classificação do nível de deterioração global da estrutura .....	45
Tabela 17: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Pilar área A .....	53
Tabela 18: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Vigas área A .....	54
Tabela 19: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Lajes área A .....	54
Tabela 20: Grau de deterioração global área A .....	56
Tabela 21: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Pilar área B .....	58
Tabela 22: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Laje área B .....	58
Tabela 23: Grau de deterioração global área B .....	60
Tabela 24: Grau de deterioração dos elementos estruturais Composição arquitetônica área C .....	61
Tabela 25: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Laje área C .....	61
Tabela 26: Grau de deterioração global área C .....	63
Tabela 27: Caracterização das recorrências de patologias .....	63
Tabela 28: Grau de deterioração global .....	64
Quadro 1: Causas extrínsecas para deterioração de estruturas de concreto armado .....	18
Quadro 2: Causas extrínsecas para deterioração de estruturas de concreto armado .....	19
Quadro 3: Classificação das Fissuras .....	24
Quadro 4: Determinação do <b>Fp</b> em fissuras no estado plástico em estruturas de concreto armado .....	39
Quadro 5: Determinação do <b>Fp</b> em fissuras no estado endurecido em estruturas de concreto armado .....	39
Quadro 6: Determinação do <b>Fp</b> em fissuras no estado endurecido de erros de projeto/ execução ou cargas excessivas de concreto armado .....	40

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	OBJETIVOS .....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
2.3	JUSTIFICATIVA .....	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1	PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES.....	15
3.2	VIDA ÚTIL E DURABILIDADE.....	16
3.3	CAUSAS E ORIGENS.....	18
3.3.1	CAUSAS INTRÍNSECAS.....	18
3.3.2	CAUSAS EXTRÍNSECAS .....	19
3.4	UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO.....	21
3.5	TIPOS DE PATOLOGIAS MAIS COMUNS NO CONCRETO .....	23
3.5.1	FISSURAS .....	23
3.5.2	EFLORESCÊNCIA .....	24
3.5.3	CORROSÃO.....	26
3.5.4	MANCHAS .....	26
3.5.5	DESAGREGAÇÃO .....	27
3.5.6	CARBONATAÇÃO .....	28
3.6	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS .....	28
3.7	ANÁLISE DAS PATOLOGIAS .....	28
3.7.1	ANÁLISE QUALITATIVA .....	28
3.7.2	ANÁLISE QUANTITATIVA .....	29
3.8	INSPEÇÕES COM GDE EM EDIFICAÇÕES COM ESTRUTURAS DE CONCRETO.....	45
3.9	PROCESSOS DE RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	29
4	METODOLOGIA GDE/UNB .....	30
5	METODOLOGIA.....	49
5.1	CARACTERÍSTICA DO LOCAL ESTUDADO .....	49
5.2	ETAPAS DA METODOLOGIA PARA O LEVANTAMENTO PATOLÓGICO	51
5.3	LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS.....	52
5.3.1	ÁREA A .....	52

5.3.2	ÁREA B .....	57
5.3.3	ÁREA C .....	60
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	63
6.1	NÍVEIS DE DETERIORAÇÃO .....	63
7	CONCLUSÃO.....	65
8	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS .....	66
	REFERÊNCIAS .....	67

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é cada vez mais comum deparar-se com obras públicas abandonadas ou interditadas devido à escassez de recursos, problemas técnicos, ambientais e diversos outros motivos que impedem sua conclusão. Conforme ressaltado por Croitor (2008), o elevado número de manifestações patológicas em construções, independentemente de estarem abandonadas ou não, suscita questionamentos sobre a durabilidade e a excelência do desempenho estrutural, especialmente no caso de estruturas de concreto armado. Embora existam estudos, normas e recomendações que busquem a redução dessas ocorrências, na prática, erros e deficiências em projetos, a utilização de materiais inadequados, mão de obra não qualificada e a falta de controle de qualidade na construção continuam a afetar negativamente o desempenho e a durabilidade das edificações.

No setor da construção civil, as obras públicas paralisadas frequentemente apresentam desempenho estrutural inferior, principalmente devido a falhas no projeto, utilização de materiais de qualidade inferior, degradação natural causada pelo intemperismo e execução inadequada. Segundo Ferreira (2000), após a conclusão das fases de diagnóstico e prognóstico, especialistas avançam para a fase de escolha das possíveis intervenções para resolver os problemas identificados. Essas intervenções podem ser classificadas em reparo, destinado a corrigir danos menores; recuperação, com o objetivo de restituir o desempenho original perdido; e reforço, visando ampliar o desempenho da estrutura.

O objeto de pesquisa deste trabalho teve sua construção iniciada em 2007 na região de Irati-PR, com um investimento aproximado de R\$ 4 milhões do Estado até então. Embora a previsão inicial de conclusão da obra fosse para 2010, já se passaram 13 anos desde o abandono do projeto. Diante desse contexto, percebeu-se a necessidade de estudar o comportamento da estrutura e avaliar suas patologias.

A importância deste trabalho reside na proposta de adquirir informações patológicas do objeto de pesquisa por meio de ensaios *in loco* no município de Irati, utilizando o método GDE. Com os resultados obtidos, espera-se apresentar medidas para prevenir os danos atuais e futuros, contribuindo assim para a possível retomada e conclusão do projeto.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Determinar os níveis de deterioração da área externa da construção do centro cultural Denise Stoklos por meio da metodologia GDE/UnB;

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar estudo para validar a aplicabilidade e eficácia do método GDE/UnB em cenários específicos.

### **2.3 Justificativa**

“A avaliação da qualidade das obras de concreto armado baseia-se no cumprimento dos requisitos de segurança, desempenho e durabilidade. No entanto, é cada vez mais comum deparar-se com obras recentemente concluídas apresentando manifestações patológicas, o que pode comprometer sua Vida Útil” (Pedroso, 2018).

A preservação dessas construções não apenas valoriza o patrimônio público, aprimorando a estética da comunidade, mas também fortalece a identidade local. A falta de estudos específicos sobre obras abandonadas ressalta a necessidade de compreensão desse fenômeno. “O aproveitamento de obras inacabadas não só impulsiona a economia local, gerando empregos e estimulando setores, como também contribui para o crescimento econômico regional” (Sicsú;Castelar, 2009, p.139).

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 Patologia das Construções**

“A patologia é um termo tradicionalmente utilizado na medicina e refere-se à ciência que estuda as doenças, suas origens, os sintomas, os agentes causadores e os mecanismos ou processo de ocorrência” (Azevedo, 2011).

Na Engenharia Civil estas doenças em estruturas de concreto, equivalem aos danos ou defeitos que comprometem o desempenho e a vida útil de uma estrutura. Normalmente as manifestações patológicas apresentam características comuns que permitem aos especialistas determinar a causa e os possíveis mecanismos que conduziram ao surgimento e as consequências para a estrutura caso não haja intervenção corretiva (Azevedo, 2011).

Segundo Souza e Ripper (2009), a vida útil e durabilidade das edificações são afetadas diretamente pelos problemas patológicos. Tais problemas possuem causas diversas, mas as principais são erros nos projetos ou execução do mesmo, falta ou manutenções erradas, emprego de materiais de má qualidade, ou que não seguem as recomendações dos projetos, imprudência e falta de responsabilidade dos profissionais, envelhecimento natural, e entre várias outras causas.

Assim sendo, processos construtivos que possuem bom detalhamento de projeto e utilização de materiais de qualidade, auxilia na precaução de futuras patologias que podem aparecer nas edificações. Tendo em vista que, grande parte das manifestações patológicas possui origens em algumas das etapas de construção (Souza; Ripper, 2009).

De acordo com Helene (1992), o diagnóstico de uma manifestação patológica deve ser feito de modo a abranger os vários aspectos do problema. Mediante inspeções visuais é possível caracterizar e classificar os sintomas, ou seja, as manifestações patológicas, lesões ou os defeitos.

Ainda de acordo com Helene (1992) afirma que quanto mais rápido as correções forem realizadas, mais efetivas, duráveis, fáceis de executar e baratas serão

### 3.2 Vida útil e Durabilidade

A Norma Brasileira 6118 (ABNT, 2014). Projeto de estruturas de concreto. Procedimento conceitua que a durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”.

Ainda existe uma confusão nos conceitos de durabilidade e vida útil. A vida útil é quantificação da durabilidade, que pode ser considerada como o período de tempo em que é mantida a capacidade de serviço da edificação, mantendo suas características e propriedades (Helene, 1992).

Segundo Helene (2003) o estudo sobre a vida útil do concreto armado teve uma grande evolução devido ao grande fundamento dos meios de transporte de líquidos e de gases agressivos nos meios porosos como o concreto. Em resultado passou a ser essencial a análise da vida útil expressa em número de anos. A razão continua a mesma, tem a indispensabilidade de compreender, analisar e identificar o grau de agressividade do ambiente e ter o entendimento sobre o concreto.

Está cada vez mais explícito que compete ao encarregado dos projetos determinar as providências mínimas de inspeção, acompanhamento e manutenção preventiva, essencial para ratificar a vida útil de projeto da estrutura (Helene, 2003).

Também deve ser pensada como resultante de ações coordenadas e ocorridas em todas as fases do método construtivo: concepção; projeto; execução e especialmente no decorrer da etapa de utilização da estrutura. É justamente nessa fase que serão efetuadas as operações de vistoria, monitoramento e manutenção preservativa e corretiva, fundamentais numa análise correta e sistêmica da vida útil (Helene, 1997).

A vida útil do concreto é o período de tempo durante o qual o material mantém suas características e desempenho especificados. Ela está relacionada à capacidade do concreto de suportar cargas, resistir a ambientes agressivos e manter sua integridade estrutural (Andrade, 2006). Vários fatores influenciam a vida útil do concreto, incluindo:

- Ambiente Externo: Exposição a diferentes condições climáticas, poluentes e ambientes agressivos, como regiões costeiras, podem acelerar a deterioração do concreto;

- Qualidade dos Materiais: A qualidade dos materiais usados na mistura de concreto desempenha um papel crucial na determinação da sua vida útil;
- Projeto Estrutural: Considerando cargas, fatores de segurança e detalhes construtivos, influencia de maneira direta na durabilidade do concreto;
- Métodos Construtivos: Adequar a melhor maneira de execução durante a obra é vital para a vida útil da estrutura.

Sendo assim, deve-se ter como conhecimento que o conceito de uma construção durável se dá devido ao reconhecimento de um conjunto de decisões e comportamentos que garantam à estrutura e aos materiais que a compõem um desempenho satisfatório no decorrer da vida útil da edificação (Souza; Ripper, 2009).

Segundo (Helene, 2001) define durabilidade como sendo o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Portanto não é uma propriedade inerente ou intrínseca à estrutura, à armadura ou ao concreto. Uma mesma estrutura pode ter diferentes comportamentos, ou seja, diferentes funções de durabilidade no tempo, segundo suas diversas partes, até dependente da forma de utilizá-la.

A durabilidade do concreto refere-se à sua capacidade de resistir à deterioração ao longo do tempo, mantendo suas propriedades e desempenho (Helene, 2001). Fatores que afetam a durabilidade incluem:

- Corrosão do Aço: A corrosão das armaduras pode ocorrer devido à penetração de íons de cloreto ou dióxido de carbono;
- Ataque Químico: Exposição a substâncias químicas agressivas, como sulfatos ou ácidos;
- Congelamento e Descongelação: Ciclos repetidos de congelamento e descongelamento podem causar fissuras no concreto;
- Ingresso de Água: A infiltração de água pode causar danos, gerando manchas e baixa resistência no concreto.

Temos então como os principais elementos do processo de durabilidade, os agentes ambientais, como a temperatura, chuva, umidade, vento e agressividade química, que são levados para a massa de concreto. A água é vista como o elemento primordial de toda a questão, considerados adequados aos mecanismos de resistência (SOUZA; RIPPER, 2009).



### 3.3 Causas e Origens

Segundo Souza e Ripper (1998), o surgimento dos problemas patológicos indica, de maneira geral, a existência de falhas durante a execução e o controle de qualidade de uma ou mais etapas do processo de construção civil.

#### 3.3.1 Causas intrínsecas

De acordo com Souza e Ripper (1999), a deficiência da qualificação profissional da equipe técnica pode levar a problemas patológicos significativos.

O Quadro 1 apresenta os principais processos de causas intrínsecas das patologias no concreto.

**Quadro 1: Causas extrínsecas para deterioração de estruturas de concreto armado**

<b>FALHAS HUMANAS DURANTE A CONSTRUÇÃO</b>	<b>DEFICIENCIA DE CONCRETAGEM</b>	transporte
		lançamento
		juntas de concretagem
		adensamento
		cura
	<b>INADEQUAÇÃO DE ESCORAMENTO E FÔRMAS</b>	
	<b>DEFICIÊNCIA NAS ARMADURAS</b>	má interpretação dos projetos
		insuficiência de armaduras
		mal posicionamento das armaduras
		cobrimento de concreto insuficiente
		dobramento inadequado das barras
		deficiência nas ancoragens
		deficiência nas emendas
	<b>UTILIZAÇÃO INCORRETA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO</b>	fck inferior ao especificado
		aço diferente do especificado
		solo com características diferentes
		utilização de agregados reativos
utilização inadequada de aditivos		
dosagem inadequada do concreto		
<b>INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE</b>		
<b>FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO (AUSÊNCIA DE MANUTENÇÃO)</b>		
<b>CAUSAS NATURAIS</b>	CAUSAS PRÓPRIAS A ESTRUTURA POROSA DO CONCRETO	
	CAUSAS PRÓPRIAS A ESTRUTURA POROSA DO CONCRETO	

	CAUSAS QUÍMICAS	reações internas ao concreto
		expansibilidade de certos constituintes do cimento
		presença de cloretos
		presença de ácidos e sais
		presença de anidrido carbônico
		presença da água
		elevação da temperatura interna do concreto
	CAUSAS FÍSICAS	variação de temperatura
		insolação
		vento
		água
	CAUSAS BIOLÓGICAS	

Fonte: Adaptado pelo autor de Souza; Ripper, 1998

Problemas intrínsecos no concreto podem impactar sua durabilidade, resistência e integridade estrutural. Esses fatores devem ser considerados durante o processo de projeto para garantir a qualidade das estruturas de concreto.

### 3.3.2 Causas extrínsecas

De acordo com Souza e Ripper (1999), as causas extrínsecas são aquelas que independem do corpo estrutural em si, podendo ser vistas como os fatores que atacam a estrutura "de fora para dentro", durante as fases de concepção ou ao longo da vida útil desta.

O Quadro 2 apresenta os principais processos de causas extrínsecas das patologias no concreto.

**Quadro 2: Causas extrínsecas para deterioração de estruturas de concreto armado**

<b>FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO</b>	Má avaliação de cargas Inadequação ao ambiente Incorreção na relação Solo-Estrutura Incorreção na consideração de juntas de dilatação
<b>FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO</b>	Sobrecargas exageradas Alteração das condições do terreno de fundação
<b>AÇÕES MECÂNICAS</b>	Choques de veículos Recalque de fundações Acidentes (Ações imprevisíveis)

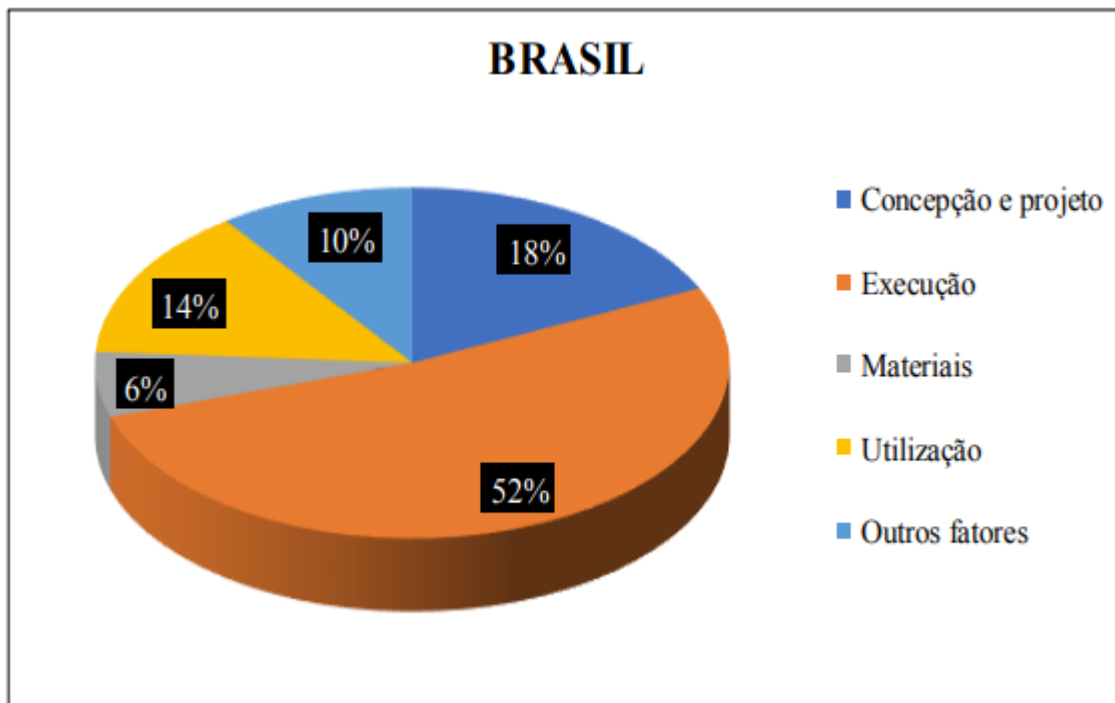
<b>AÇÕES FÍSICAS</b>	Variação de temperatura Insolação Atuação da água
<b>AÇÕES QUÍMICAS</b>	
<b>AÇÕES BIOLÓGICAS</b>	

Fonte: Adaptado pelo autor de Souza, Ripper, 1998

A partir do Quadro2, de Souza e Ripper (1999), as suas causas são evidentes e poderiam ter sido facilmente evitadas pela escolha cuidadosa dos materiais e dos métodos de execução, pela elaboração de um projeto convenientemente detalhado ou pela concretização de um programa adequado de manutenção.

Como apresentado abaixo na Figura 1 segundo Ripper (2009), as principais causas das manifestações patológicas no Brasil são falhas na concepção do projeto com 18%, má qualidade dos materiais com 6%, erros na execução predominando mais da metade das causas com 52%, utilização para fins distintos dos calculados nos projetos com 14% e falta de manutenção das edificações com o passar do tempo entre outros fatores 10%.

Figura 1: Manifestações Patológicas no Brasil



Fonte: Ripper(2002)

Ainda podem-se citar como principais agentes causadores de patologias de origem endógena na construção civil, ou seja, originadas por fatores inerentes à

própria edificação, falhas decorrentes de projetos 36% a 49%, falhas de execução 19% a 30%, falhas de componentes 11% a 25% e de utilização 9% a 11% (Gnipper; Mikaldo Jr, 2007).

“Cabe ressaltar que a identificação da origem do problema permite também identificar, para fins judiciais, quem cometeu a falha.” (Helene, 1992).

### **3.4 Utilização e manutenção**

Grande porção das patologias aparece durante o uso das edificações, geralmente por causa da falta de manutenção ou utilização inadequada, sendo que a manutenção tem como função manter ou recuperar as serventias das edificações. É corriqueira a realização de reformas impróprias, sem projetos e legalização, com isso, acarretando danos aos elementos estruturais, seja por impacto ou demolição (Pina, 2013).

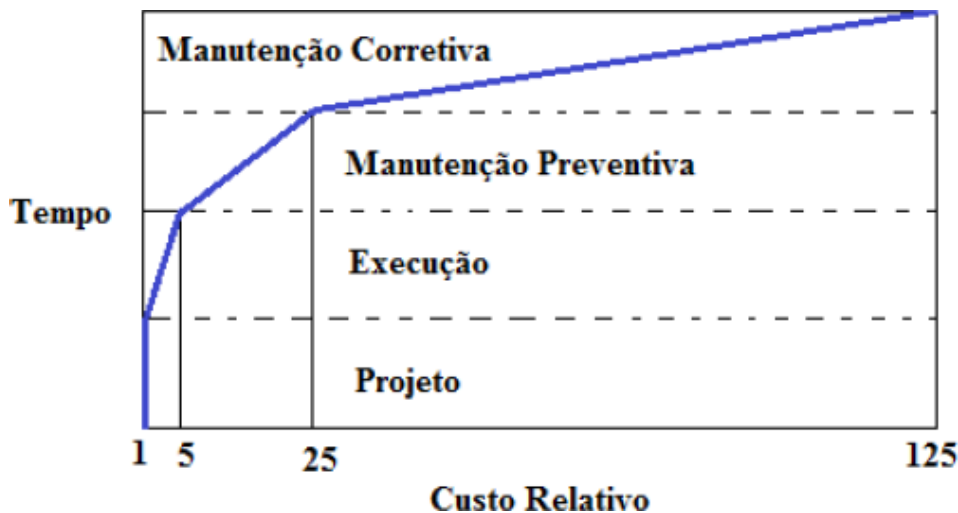
É essencial o cuidado com as estruturas de concreto ao longo do tempo por meio de manutenção apropriada. Problemas no concreto, como falhas, danos ou desgaste, podem acontecer por diferentes razões, tais como exposição ao clima, cargas excessivas e execução inadequada durante a construção, conforme destacado por Machado (2010). A seguir, apresentam-se algumas diretrizes que são divididas em três tipos, sendo elas:

- Manutenção preventiva;
  - Certificar se o projeto estrutural atenda aos padrões e normas locais.
  - Considerar fatores como cargas, exposição e durabilidade durante o projeto.
  - Utilizar materiais de qualidade que atendam às especificações.
  - Evitar a adição excessiva de água ao concreto durante a mistura.
  - Garantir uma boa prática de execução durante a construção.
  - Monitorar o processo de cura para evitar fissuras.
  - Proteger as estruturas de concreto contra a exposição excessiva à umidade, substâncias químicas e condições climáticas.
  - Evitar sobrecargas e verificar se as cargas aplicadas estejam dentro dos limites de projeto.

- Manutenção preditiva;
  - Realizar inspeções para identificar sinais de deterioração.
  - Se atentar a trincas, manchas, desprendimentos e outros sintomas de problemas.
  - Realizar reparos imediatos em áreas danificadas para evitar a propagação da deterioração
  - Aplicar revestimentos protetores ou selantes para proteger o concreto contra a penetração de agentes agressivos.
- Manutenção corretiva.
  - Implementação de ações imediatas para conter danos adicionais.
  - Adoção de medidas temporárias para garantir a segurança.
  - Utilização de técnicas e materiais apropriados para a correção.
  - Identificação de medidas preventivas para evitar recorrências

Conhecendo cada uma das manutenções necessárias em uma edificação, fica evidente a necessidade de realizá-las, sendo possível observar, de acordo com a Figura 2 que o adiamento de uma terapia aumenta significativamente o seu custo.

**Figura 2: Lei de Sitter, evolução dos custos**



Fonte: Adaptado pela autora de Helene (2003)

De acordo com Helene (2003), a lei de Sitter retrata que o custo com a manutenção de uma determinada patologia em estruturas de concreto armado, que não são detectadas em sua fase construtiva, aumenta em progressão geométrica de razão cinco até quando atinge a etapa de manutenção, podendo custar até 25 vezes

a mais que se fossem tomadas medidas corretas na fase de projeto para uma manutenção preventiva e até 125 vezes mais onerosa quando se atinge a necessidade de uma manutenção corretiva, conforme é possível observar na Figura 2.

### **3.5 Tipos de patologias mais comuns no concreto**

#### **3.5.1 Fissuras**

As fissuras podem ser definidas como a manifestação patológica padrão das estruturas de concreto armado. É considerado o problema de ocorrência mais comum o que chama uma grande atenção dos proprietários e usuários, pois tem a impressão de que alguma coisa de anormal está a acontecer (Arivabene, 2015).

De acordo com Souza e Ripper (1999), as fissuras são manifestações características do concreto devido a sua baixa resistência aos esforços de tração. A caracterização dependerá da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, podendo ser divididas em ativas e inativas.

Fissura: É um seccionamento na superfície ou em toda seção transversal de um comportamento, com abertura capilar, provocando tensões normais ou tangenciais. As fissuras podem ser classificadas em ativas (variação da abertura em função de movimentações hignotérmicas ou outras) ou passivas (abertura constante), com espessura inferior a 0,5mm. (IBAPE, 2013, p. 67)

De acordo com Mazer (2008), a principal ocorrência de fissuras em estruturas de concreto armado acontece em cerca de 44% nas alvenarias, resultante das deformações diferenciais, e 26% no concreto. Esse tipo de patologia é verificado nos diversos elementos estruturais de concreto armado, sendo distribuído da seguinte forma:

- 60% em lajes;
- 23% em vigas;
- 10% em marquises;
- 7% em pilares.

Portanto, o processo de fissuração pode ocorrer como resultado da atuação das mais distintas razões, intrínsecas ou extrínsecas, para que seja capaz de distinguir com exatidão causas e efeitos é imprescindível elaborar análises

coerentes que tenham uma determinação da configuração das fissuras correta (Souza; Ripper, 2009).

De acordo com Camacho (2005), as fissuras podem ser subdivididas em microfissuras e macrofissuras. As microfissuras estão no interior do concreto, portanto não é visível a olho nu, já as macrofissuras 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 3 mostra a classificação das fissuras de acordo com a abertura da fissura, classificando as fissuras em.

**Quadro 3: Classificação das Fissuras**

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.

### 3.5.2 Eflorescência

Segundo Franco (2011) a eflorescência é o fenômeno causado pela movimentação da água nos vazios localizados no interior do concreto ou sobre o concreto, devido as propriedades de absorção e permeabilidade do mesmo a água percola pelos vazios transportando sais solúveis. Este fenômeno é entendido como a formação do depósito cristalino (sal) na superfície da placa, devido a ação do meio

ambiente ou a ação físico-química. Tal patologia afeta não somente a estética da fachada, como também a aderência dos revestimentos; ela é o efeito de problemas mais graves na edificação, como a presença de umidade.

A eflorescência é originada por três elementos principais, que possuem o mesmo grau de importância. São eles: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática, fazendo com que ocorra a migração da solução até a superfície da construção. Assim todos os três fatores devem existir e, caso algum deles não esteja presente, não haverá a formação desta patologia (Souza, 2008). Segundo Souza (2008) alguns fatores externos também ajudam para que este tipo de manifestação patológica ocorra, tais como: a quantidade de solução que irá aflorar, a elevação de temperatura a qual aumenta a velocidade de evaporação e gera um favorecimento na solubilização dos sais; e a porosidade dos elementos, permitindo a migração da solução para a superfície.

De acordo com Sabbatini. (1997), as principais substâncias solúveis são sais inorgânicos como sulfatos de sódio, de potássio, de cálcio, de magnésio e os carbonatos de sódio e de potássio, que podem ter diversas origens, matérias primas cerâmicas, água usada na fabricação, reação de componentes da massa com óxidos de enxofre do combustível durante a secagem e início da queima, desfloculantes, dentre outras substâncias solúveis adicionadas à massa.

**Figura 3: Parede com eflorescência**



**Fonte: Fiber 2018**



Ocorrem frequentemente nas fissuras em lajes, podendo, com o tempo formar estalactites como na Figura 3.

### 3.5.3 Corrosão

Os aspectos que mais induzem a corrosão das armaduras são a carbonatação, a infiltração de cloretos e também a lixiviação dos álcalis pela água corrente (Medeiros, 2011). Essa patologia tem como resultado uma redução da seção da armadura e fissuração do concreto em sentido paralela a esta. Possivelmente, podem aparecer manchas avermelhadas ocasionadas pelos óxidos de ferro. As fissuras acontecem, pois os produtos da corrosão envolvem espaço maior que o aço original. São vários os motivos, entre eles se destacam a insuficiência ou qualidade inferior do concreto no revestimento da armadura (Pinheiro, 2005).

Este processo de degradação dos materiais gera mudanças prejudiciais inoportunos ao concreto. Ao entrar em ação este evento, ele faz com que os materiais tenham uma perda de suas qualidades como a elasticidade, ductilidade, estética entre outras qualidades. Contudo, segundo Silva e Pinheiro, (2005) também são vistos como corrosão a degradação de materiais não metálicos como o concreto, borracha, madeira, entre outros. Nota-se que esse fenômeno é bastante amplo e que abrange muitos tipos de materiais. Como estes materiais são utilizados em numerosos campos, os efeitos acarretam vários acidentes, trazendo prejuízos enormes (Castro, 2016).

### 3.5.4 Manchas

Esse tipo de fenômeno patológico ocorre nas estruturas de concreto devido às características de porosidade e rugosidade desse material, que, combinadas com as condições ambientais, como a presença de água, temperatura e luminosidade, criam um ambiente propício para a colonização por grupos de organismos vivos e/ou microrganismos (Bordun, 2014).

No contexto dos concretos, a biodeterioração ocorre por meio de microrganismos como algas, fungos, bactérias e líquens. No caso dos fungos, eles se manifestam nas estruturas de concreto como mofo ou bolor, podendo ser encontrados em diversos tipos de substratos, incluindo argamassas inorgânicas. O

crescimento desses microrganismos resulta em alterações estéticas no teto e nas paredes, manifestando-se como manchas escuras, frequentemente em tons de preto, marrom ou verde (Silva; Pinheiro, 2005).

Segundo Verly (2015), as marcas escuras, conforme mostrado na Figura 4, em superfícies porosas e rugosas do concreto, resulta da contaminação por fungos, mofo, entre outros, especialmente em áreas expostas às condições climáticas, como água, temperatura e luminosidade. Essas marcas são distintas da corrosão e das eflorescências.

**Figura 4: Exemplo de manchas**



**Fonte: Verly (2015)**

Segundo Silva e Pinheiro (2005), a biodeterioração representa uma alteração indesejada nas propriedades de qualquer material. Os organismos vivos e/ou microrganismos responsáveis por essa manifestação patológica podem causar danos ao concreto, interferindo em sua microestrutura e comprometendo sua integridade ou afetando seu aspecto estético.

### 3.5.5 Desagregação

De acordo com Souza e Ripper (1994) a desagregação é definida como a separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda também da capacidade ligante entre os agregados e a pasta de cimento. Como consequência, tem-se que uma peça com seções de concreto desagregado perderá localizadamente ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que solicitam.

A desagregação do material é um fenômeno que frequentemente pode ser observado em estruturas de concreto, causado por diversos motivos, ocorrendo em conjunto com fissuras. (Souza; Ripper, 1994)

### 3.5.6 Carbonatação

Segundo Parrot (1987), com aumento das emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, o estudo sobre a carbonatação se tornou um tema importante devido os altos índices de manifestações em estruturas de concreto armado.

A carbonatação ocorre quando o CO<sub>2</sub>, do ar ou em água agressivas, se combina com o Ca(OH)<sub>2</sub>, formando o carbonato de cálcio, CaCO<sub>3</sub>, insolúvel. Este processo faz cair o pH da solução de equilíbrio de 12,5 para 9,4, resultando na carbonatação do concreto (Silva, 1995).

De acordo com Helene (1986) a profundidade de carbonatação cresce, inicialmente, rapidamente, prosseguindo mais lentamente e tendendo assintoticamente a uma profundidade máxima.

## 3.6 Metodologia de avaliação das estruturas

Desenvolveu-se a metodologia chamada GDE/UnB, que tem como objetivo avaliar quantitativamente estruturas de concreto convencionais, que desde sua apresentação inicial por Klein *et al.* (1991), e aprimorada posteriormente por Castro (1994), sofrendo diversos ajustes da formulação proposta, o que resultou em um método que apresenta de forma consistente o estado de deterioração em que as estruturas de concreto se encontram (Verly, 2015, p.31).

A seguir será apresentada a metodologia GDE/UnB, representando inicialmente suas origens e apresentando a proposta adotada por Fonseca (2007).

## 3.7 ANÁLISE DAS PATOLOGIAS

### 3.7.1 Análise qualitativa

Segundo Gonçalves (2015) o principal objetivo da inspeção preliminar consiste em determinar, através da análise visual e do histórico da edificação, a necessidade ou não de intervenção imediata na estrutura. Na inspeção preliminar, é

feito uma estimativa das possíveis consequências dos danos e, caso necessário, medidas emergenciais poderão ser tomadas.

### 3.7.2 Análise quantitativa

Segundo Castro (1994) através de inspeções visuais, os engenheiros vistoriadores preenchem um Caderno de Inspeção, com as características gerais da obra e as manifestações patológicas típicas dos elementos, atribuindo um grau para cada lesão observada e dessa forma obter quantitativamente o grau de deterioração da estrutura. Dentre os diversos modelos matemáticos aplicáveis. Podem ser citadas a metodologia GUT, a metodologia Klein e a metodologia GDE/UnB.

## **3.8 Processos de recuperação das estruturas**

Segundo Verly (2015), a determinação da qualidade nos serviços de recuperação ou reforço em estruturas de concreto armado é fundamentalmente estabelecida por meio de uma análise precisa. Essa análise visa compreender as causas subjacentes das patologias, demandando, conseqüentemente, um exame minucioso dos efeitos gerados por tais condições. Após essa etapa, segue-se para a seleção apropriada da técnica a ser empregada, abrangendo uma criteriosa escolha de materiais, equipamentos e, crucialmente, da mão de obra a ser envolvida no processo (GOLÇALVES, 2015).

#### 4 METODOLOGIA GDE/UNB

Durante uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Porto Alegre e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, desenvolveu-se um projeto de inspecionar onze Obras de Artes Especiais OAEs situadas na região metropolitana de Porto Alegre/RS. A proposta desenvolvida por Klein *et al.* (1991) para determinar o grau de riscos das OAEs se mostrou eficiente e de extrema confiança em seus resultados (Verly, 2015, p.31).

Posteriormente a metodologia foi aperfeiçoada por Castro (1994) e durante o passar dos anos novos autores tiveram diversas contribuições, incluindo Fonseca (2007) que propôs alterações mais significativas no método (Verly, 2015.p31).

A metodologia é composta por duas etapas importantes, escritório e campo, sendo que as etapas de campo podem se limitar à atribuição de valores para os Fatores de Intensidade de dano – Fi e para Fatores de Ponderação de um dano – Fp (Verly, 2015, p.32).

De acordo com (Boldo, 2002) devido à dificuldade de analisar todos os elementos estruturais durante as visitas *in loco*, foi necessário que a estrutura fosse dividida em grupo de família de elementos típicos: pilares, vigas, lajes, cortinas, escadas e rampas, reservatório superior, reservatório inferior, blocos de fundação, juntas de dilatação e elementos de composição arquitetônica. Estas famílias, por sua vez, são compostas por elementos que são analisados individualmente possibilitando, desta forma, uma análise quantitativa das patologias verificadas em cada elemento (Boldo, 2002).

Ainda de acordo com (Boldo, 2002) após a divisão dos elementos estruturais é necessário que os responsáveis pela vistoria analisem as manifestações patológicas e sua magnitude, dessa forma é possível determinar o fator de intensidade (Fi) que representa o nível de gravidade de cada manifestação.

Assim, para a aplicação deste método, os danos são classificados de acordo com a patologia apresentada no elemento de análise.

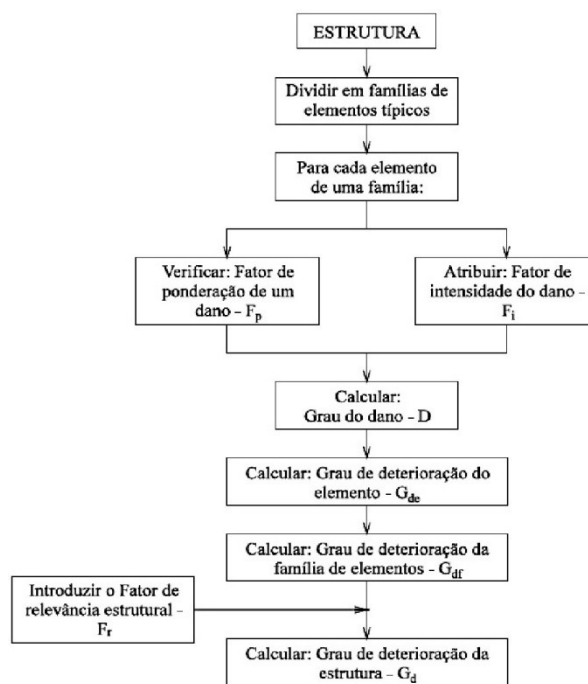
Em seguida é calculado o grau de dano ( $D$ ) para cada manifestação verificada na vistoria. Uma vez determinando o grau de dano para cada elemento é possível definir um grau de deterioração individual do elemento ( $Gde$ ). Com o Grau de deterioração de todos os elementos da família é calculado o Grau de deterioração da família ( $Gdf$ ). (Boldo, 2002).

Após se obter o grau de deterioração de todas as famílias que constituem a estrutura e com um Fator de Relevância estrutural da família ( $Fr$ ), previamente definidos segundo a sua relevância na funcionalidade e segurança estrutural, determina-se o grau de deterioração global da estrutura ( $Gd$ ). (Boldo, 2002).

O fluxograma apresentado na Figura 5 permite analisar de maneira esquemática o método de cálculo necessário para a aplicação da metodologia GDE.

Para isso, devem ser obtidos os seguintes itens:

**Figura 5: Determinação do grau de deterioração**



Fonte: Verly (2015)

- Fator de Intensidade do dano ( $Fi$ )

De acordo com Boldo (2002) cada elemento pode apresentar inúmeras manifestações patológicas e cada uma delas irá apresentar intensidades diferentes que podem variar em uma escala de 0 a 4. Esses valores são atribuídos pelos responsáveis técnicos responsáveis das vistorias, os fatores de intensidade podem ser verificados abaixo na Tabela 1.

**Tabela 1: Fatores de Intensidade**

Fator de intensidade de dano (Fi)	
0	Elemento em perfeitas condições, sem lesões
1	Elemento em bom estado, lesões leves
2	Elemento em estado razoável, lesões toleráveis
3	Elemento em más condições, lesões graves
4	Elemento em péssimas condições, estado crítico

Fonte: Boldo (2002)

Para a determinação de  $F_i$ , são considerados os apontamentos feitos por observação visual, que abrange de testes simples a análises do ambiente onde o dano se encontra, além de comparações entre as deformações medidas e os limites recomendados por norma (Verly, 2015).

Segundo Castro (1994) estes índices podem resultar muita subjetividade caso não seja feita uma classificação mais detalhada, no qual seja identificado o nível de gravidade das lesões e de qual maneira ela está evoluindo. O caderno de inspeções elaborado por Castro (1994) e suas alterações posteriores por Boldo (2002) contemplam a relação dos danos e as recomendações de  $F_i$ , apesar de não eliminarem, reduzem demasiadamente o caráter subjetivo da atribuição do fator de intensidade. Nas Tabelas 2, 3e 4 podem ser verificados os fatores de intensidade.

**Tabela 2: Fatores de Intensidade**

Tipos de Dano	Fator de intensidade do dano -Tipos de manifestação
Carbonatação	1 - Localizada, com algumas regiões com $pH < 9$ , sem atingir a armadura
	2 - Localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco
	3 - Localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido
	4 - Generalizada, atingindo a armadura, em ambiente seco
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

Fonte: Boldo (2002)

**Tabela 3: Fatores de Intensidade**

Tipos de Dano	Fator de intensidade do dano -Tipos de manifestação
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, pequenas manchas;
	3 - Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão;
	4 - Corrosão acentuada na armadura principal, c/perda relevante de
Desagregação	2 - Início de manifestação;
	3 - Manifestações leves, início de estofamento do concreto;
	4 - Por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Deslocamento porempuxo	3 - Deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, estável;
	4 - Deslocamento lateral da cortina no sentido horizontal, instável.
Desplacamento	2 - Pequenas escamações do concreto;
	3 - Lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura;
	4 - Lascamento acentuado com perda relevante de seção
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 (estalactites).
Falha 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
Fissuras	1 - Aberturas menores do que as máximas previstas em norma;
	2 - Estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma;
	3 - Aberturas excessivas; estabilizadas;
	4 - Aberturas excessivas; não estabilizadas.
Flechas	1 - Não perceptíveis a olho nu;
	2 - Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos na norma;
	3 - Superiores em até 40% às previstas na norma;
	4 - Excessivas.
Impermeabilização deficiente	2 - Danos na camada protetora e/ou perda de elasticidade do material da impermeabilização;
	3 - Descontínua, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração);
	4 - Degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Manchas	2 - Manchas escuras de pouca extensão, porém significativas



	(
	3 - Manchas escuras de grande extensão (>50%);
	4 - Manchas escuras em todo o elemento estrutural (100%).
Obstrução de juntas de dilatação	2 - Perda de elasticidade do material da junta; início de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes;
	3 - Presença de material não compressível na junta; grande incidência de fissuras paralelas às juntas nas lajes adjacentes;
	4 - Fissuras em lajes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de

Fonte: Boldo (2002)

Tabela 4: Fator de Intensidade

Tipos de Dano	Fator de intensidade do dano -Tipos de manifestação
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.
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.
Umidade	1 - Indícios de umidade;
	2 - Pequenas manchas;
	3 - Grandes manchas;
	4 - Generalizada.
Umidade na base	3 - Indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações;
	4 - Vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações.

Fonte: Boldo (2002)

- Fator de Ponderação ( $F_p$ )

O Fator de ponderação quantifica a importância relativa do dano em relação às condições de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma família. Isso significa que uma mesma manifestação patológica pode apresentar fatores de ponderações diferentes em famílias de elementos distintas (FERREIRA, 2016).

Segundo Boldo (2002) era necessário que o fator de ponderação de alguns elementos estruturais fosse aumentado, de modo que refletisse melhor a sua importância dentre os danos que podem ocorrer no elemento.

A seguir serão apresentadas às Tabelas 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 que contém os fatores de ponderação propostos por Boldo (2002).

**Tabela 5: Fator de Ponderação (Fp) pilares**

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação do concreto	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Desvio de geometria	4
Eflorescência	2
Falha de concretagem	3
Fissuras	2 a 5*
Manchas	3
Recalque	5
Sinais de esmagamento	5
Umidade excessiva na infraestrutura	4

Fonte: Boldo (2002)

**Tabela 6: Fatores de Ponderação (Fp) Para elementos Vigas**

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação do concreto	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
Infiltração de água	3
Manchas	3
Sinais de esmagamento	5

Fonte: Boldo (2002)

**Tabela 7: Fator de ponderação (Fp) para elementos Lajes**

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação do concreto	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
Infiltração de água	3
Manchas	3

Fonte: Boldo (2002)

**Tabela 8: Fatores de pontuação (Fp) para rampas e escadas**

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	3
Corrosão de armadura	5
Desagregação	3
Eflorescência	2
Esfoliação	3
Fissuras	2 a 5*
Flechas	5
Infiltração	3
Manchas	3
Segregação	4
Sinais de esmagamento	5

Fonte: Boldo (2002)

**Tabela 9: Fator de Ponderação (Fp) muros arrimo**

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação do concreto	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Deslocamento por empuxo	5
Desplacamento	3
Desvio de geometria	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5*
Infiltração de água	3
Manchas	3
Sinais de esmagamento	5

Fonte: Boldo (2002)

**Tabela 10: Fator de ponderação (Fp) Bloco de fundação**

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação do concreto	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	3
Fissuras	2 a 5*
Recalque	5
Sinais de esmagamento	5
Umidade excessiva na infra- estrutura	3

Fonte: Boldo (2002)

Tabela 11: Fator de ponderação (Fp) reservatório

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	3
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5*
Impermeabilização deficiente	4
Vazamento	5

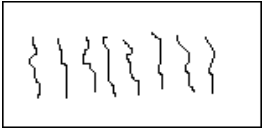
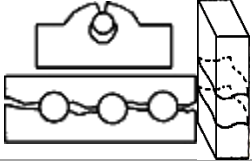
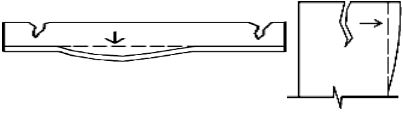
Fonte: Boldo (2002)

Tabela 12: Fator de ponderação (Fp) elemento de composição arquitetônica

<b>Danos</b>	<b>Fp</b>
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão de armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falha de concretagem	2
Fissuras	2 a 5*
Manchas	3
Sinais de esmagamento	5
Umidade	3

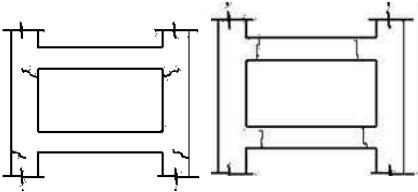


Fonte: Boldo (2002)

**Quadro 4: Determinação do  $F_{pm}$  fissuras no estado plástico em estruturas de concreto armado**

Fissuras*	Descrição	Croquis	$F_p$
RETRAÇÃO PLÁSTICA DO CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comum em lajes e paredes.</li> <li>- aproximadamente paralelas, superficiais e afastadas em <math>t</math> entre 0,3 a 1 m.</li> </ul>		2
ASSENTAMENTO DO CONCRETO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sobre armaduras.</li> <li>- empilares, ficam abaixo dos estribos.</li> <li>- interação com armaduras vizinhas.</li> </ul>		3
MOVIMENTAÇÃO DE FÔRMAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- indicam posicionamento e/ou fixação incorretos ou resistências insuficientes de fôrmas/escoramentos</li> </ul>		3

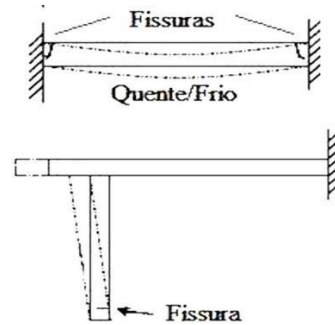
Fonte: Adaptado pelo autor de Fonseca (2007)

**Quadro 5: Determinação do  $F_{pm}$  fissuras no estado endurecido em estruturas de concreto armado**

FISSURAS*	Descrição	Croquis	$F_p$
RETRAÇÃO DO CONCRETO POR SECAGEM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fissuras em pilares e/ou vigas, por diferença de rigidez (a).</li> <li>- aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b).</li> <li>- indicam restrição de movimentos.</li> <li>- profundidade reduzida.</li> <li>- aberturas &lt; 0,1 a 0,2 mm.</li> </ul>	 	3
MAPEADAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes.</li> <li>- abertura e extensão reduzidas.</li> <li>- superfícies de concreto com desempenho excessivo.</li> <li>- danos só estéticos, em geral</li> </ul>		2

VARIAÇÕES  
DE TEMPERATURA

- em geral, normais ao eixo de elementos lineares,
- indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação ou sua ausência.

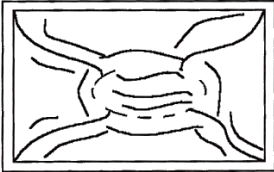
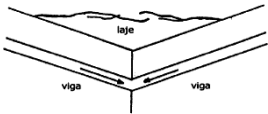



3

Fonte: Adaptado pelo autor de Fonseca (2007)

**Quadro 6: Determinação do  $F_{pm}$  fissuras no estado endurecido de erros de projeto/ execução ou cargas excessivas de concreto armado**

FISSURAS*	Descrição	Croquis	$F_p$
FLEXÃO	-normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado com boa aderência aço-concreto.		4
FORÇACORTANTE E FLEXÃO	- mesma inclinação nas duas faces. - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios.		4
FLEXÃO, CORTE E TORÇÃO	-inclinações diferentes nas faces laterais, com menor abertura da fissura em uma das faces.		4
FLEXO-TORÇÃO EMPILARES	- normais ao eixo de pilara na face tracionada e paralelas na face comprimida: podem indicar esmagamento do concreto. - mais próximas de extremidades com maior momento.		5
COMPRESSÃO	- paralelas ao eixo ou bidimensionais no centro em função de ruptura. - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos.		5
CARGA CONCENTRADA EM ÁREA REDUZIDA	- em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento		3
APOIOS DO TIPO GERBER (VIGAS EMPILARES)	- comum em pontes e estruturas pré-moldadas. - indicam deficiência ao movimento em aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado.		3

FLEXÃO EM LAJES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- na face inferior, saindo dos cantos e separando as bordas com continuidade ou vão maiores.</li> <li>- na face superior, paralelas às bordas com continuidade.</li> </ul>		4
MOMENTOS VOLVENTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> <li>- em cantos de lajes extremas, podendo surgir nas duas faces.</li> <li>- influenciadas por variações de temperatura e retração.</li> </ul>		3
PUNÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- traçado circular e/ou radial em torno do pilar.</li> </ul>		5

Fonte: Adaptado pelo autor de Fonseca (2007)

- Grau de dano (D)

Segundo Castro (1994) os danos se apresentam de forma variada e evoluem de forma diferente, que dependem de várias influências: concepção estrutural, projeto, execução, utilização, e exposição ao meio ambiente. A metodologia proposta por Castro introduziu o grau de dano no elemento que tem por objetivo quantificar a manifestação de cada dano.

$$D = 0,8 * F_i * F_p \text{ para } F_i \leq 2 \quad (1)$$

$$D = (12F_i - 28) * F_p \text{ para } F_i > 2 \quad (2)$$

D Dano;

$F_i$  Fator de intensidade do dano;

$F_p$  Fator de ponderação do dano;

De acordo com Boldo (2002) a partir do fator de ponderação ( $F_p$ ) específico de cada elemento e a intensidade em que o dano se manifesta em determinado elemento, é possível determinar o grau de dano.

O fator de intensidade do dano (Tabela 13) determina a gravidade e a evolução isolada do dano no qual um determinado elemento se encontra. Quanto maior o valor do fator maior a gravidade, cada dano observado deverá ser avaliado nessa escala de 0 a 4.



Tabela 13: Classificação dos fatores de intensidade de dano

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)	Fi
SEM LESÕES	0
LESÕES LEVES	1
LESÕES TOLERAVEIS	2
LESÕES GRAVES	3
ESTADO CRITICO	4

Fonte: Fonseca (2007)

- Grau de deterioração do elemento (Gde)

Para determinar o grau de deterioração do elemento foi adotada a formulação proposta por Lopes (1998) que utiliza apenas uma fórmula para o cálculo, independentemente do número de danos que o elemento apresente. (Boldo, 2002)

$$Gde = D_{max} \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D(i) - D_{max}}{\sum_{i=1}^m D(i)} \right) \quad (3)$$

Onde:

$D_{max}$  = maior grau de dano no elemento;

$m$  = Número de danos detectados no elemento;

$(i)$  = Grau de dano de ordem  $i$ .

Segundo Boldo (2002) a aplicação da fórmula proposta por Lopes (1998) elimina a omissão de manifestações e superposição com danos já considerados no cálculo. Após ser determinado o valor do grau de deterioração de um elemento ( $Gde$ ), é possível estabelecer uma intervenção isolada para o elemento analisado, de acordo com o nível de deterioração encontrado. A partir da Tabela 14 é verificado as ações a serem adotadas.

Tabela 14: Classificação dos níveis de deterioração de elementos

Nível de deterioração	Gde	Ações recomendadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio decargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Boldo (2002)

- Grau de deterioração da família ( $Gdf$ )

O grau de deterioração de uma família ( $Gdf$ ) visa evidenciar os elementos mais danificados, não os mascarando por elementos menos deteriorados, evitando-se, porém, uma supervalorização do grau de deterioração da estrutura.

Segundo Lemos (2006), os danos que apresentam maior influência sobre o grau de deterioração são os que estão acima do limite pré-fixado, dessa forma, quando uma família apresentar graus de deterioração do elemento,  $Gde < 15$  para todos os elementos, o grau de deterioração da família será  $Gdf=0$ , não contribuindo de forma significativa no cálculo de deterioração da estrutura.

O grau de deterioração da família é calculado pela equação 2:

$$Gdf = Dd_{max} \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m Dde(i) - Dd_{max}}{\sum_{i=1}^m Dde(i)} \right) \quad (4)$$

Onde:

$Gd_{max}$  = maior valor de encontrado na família;

$Gde$  = Grau de Deterioração da Estrutura, sendo contabilizados apenas  $>15$ .

- O fator de relevância estrutural da família ( $Fr$ )

Segundo Castro (1994) o fator de relevância da família de elementos ( $Fr$ ) tem a função de considerar a relevância relativa das famílias de elementos, dentro de um conjunto em que a estrutura foi dividida. Na metodologia proposta por Klein (1991) as classificações utilizadas para obras de arte não são aplicadas para estruturas e edificações usuais. Então Fusco (1976) classificou as peças da estrutura em terciárias, secundárias e primárias, com seu grau de importância estrutural crescente. Para a metodologia de Castro (1994) foram adotados os seguintes fatores de relevância para as famílias de elementos, segundo os critérios de relevância propostos por Fusco (1976).

**Tabela 15: Fator relevância estrutural ( $Fr$ )**

Famílias em conjunto	Fatores de relevância estrutural ( $Fr$ )
Elementos de composição arquitetônica	1
Reservatório superior	2
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias e juntas de dilatação	3
Lajes, fundações, vigas secundárias e pilares secundários	4
Vigas e pilares principais	5

Fonte: Fonseca (2007)

- O grau de deterioração da estrutura ( $Gd$ )

Segundo Castro (1994) a partir dos resultados obtidos no grau de deterioração das famílias e definindo os respectivos fatores de relevância das famílias é calculado o grau de deterioração da estrutura ( $Gd$ ).

A fim de conhecer qual o grau de deterioração de uma determinada estrutura, é necessário o conhecimento do fator de relevância de cada família, conforme especificado na Tabela 14, e o grau de deterioração da família. Após isso, aplica-se esses valores na Equação 5

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^K F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum F_{ri}} \quad (5)$$

De maneira semelhante ao que ocorre com o grau de deterioração do elemento (Gde), faz-se com o grau de deterioração global da estrutura (Gd) também, aplicando a intervenção necessária na estrutural conforme valor estipulado pela Equação 5 e através da tabela 16

**Tabela 16: - Classificação do nível de deterioração global da estrutura**

<b>Nível de deterioração</b>	<b>Gd</b>	<b>Ações recomendadas</b>
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo para inspeção especializada rigorosa. Planejar intervenção em curto prazo (máximo 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata

Fonte: Fonseca (2007)

#### **4.1 Inspeções com GDE em edificações com estruturas de concreto**

Segundo Dantas (2023) a metodologia do Grau de Deterioração dos Elementos envolve uma inspeção visual para atribuir pesos e notas às manifestações patológicas encontradas, no caso analisou duas torres. O estudo identificou diversas manifestações patológicas, como corrosão, fissuras e umidades, principalmente nos pilares, no caso das vigas, observaram-se um elevado índice de deslocamento e manchas, totalizando 65% das vigas com esse problema. As soluções específicas foram propostas, incluindo remoção do concreto degradado, aplicação de inibidores de corrosão e recomposição do concreto

De acordo com Galvão e Silva (2021). A falta de manutenção ameaça a segurança e integridade das estruturas. Analisando as patologias e deterioração em estruturas de concreto de duas garagens residenciais em Salvador/BA, sem manutenção adequada durante 40 anos, revelou mais de 192 patologias dentre elas manchas, umidade, corrosão de armaduras, entre outros problemas, indicando a influência da maritimidade, devido a proximidade com o mar as manchas e eflorescência são as patologias mais encontradas do estudo, com um total de 71% de toda a estrutura.

Métodos como GUT e GDE orientam a análise. Este estudo de caso em edificações residenciais comparando os resultados obtidos pelos métodos, mostrando que o GUT prioriza manifestações, enquanto o GDE fornece uma abordagem detalhada, analisando o método GDE mostra que em maioria as patologias estão entre os pilares e lajes. No total da estrutura temo um índice  $G_d = 41,52$ , considerando um índice alto. Além disso, o fato de ambas não possuírem projetos para as edificações e ausência do profissional da engenharia na construção e acompanhamento da obra, maximiza o aparecimento de manifestações patológicas (Pedrosa, 2023).

Segundo Silva (2019) analisando uma construção em Mossoró, utiliza a metodologia GDE/UnB. Os resultados destacam a situação real da edificação e identificam falhas que podem gerar uma intervenção. Problemas como trincas em angulação de  $45^\circ$  sugerem possíveis erros na estrutura ou nas fundações, podendo representar riscos de ruptura. A edificação encontra-se em uma situação de alto nível de deterioração, onde medidas devem ser tomadas para evitar a ocorrência de acidentes. O maior índice se encontra nas lajes e vigas devido a um elevado nível de umidade, causando manchas e trincas, para a impermeabilização das lajes avaliou a aplicação de manta asfáltica em para evitar as infiltrações existentes no local.

De acordo com Machado (2018), A partir da análise do método GDE, utilizado na obra Localizado no Setor Habitacional, este edifício foi concluído em 2003, compreendendo 6 pavimentos, com cerca de  $2500\text{m}^2$ . A estrutura é de concreto armado com fechamento em alvenaria de blocos cerâmicos, Vale destacar que, devido à escassez de recursos, a obra foi paralisada e retomada posteriormente, verificando que a maior parte das patologias está em relacionado ao cobrimento realizado de maneira incorreta, gerando um maior índice de umidade e infiltração no edifício.

Segundo Araujo *et al* (2022) determinou analisar um edifício de natureza residencial com dois pavimentos, para encontrar seu grau de deterioração, toda estrutura realizada em concreto armado, com alvenaria de blocos cerâmicos, com uma área de  $240\text{m}^2$ . Para o ensaio de potencial de corrosão foram avaliadas vigas e pilares com ferragem exposta, utilizando uma adaptação dos materiais com o uso de multímetro, eletrodos de sulfato de cobre, esponja e cabo. A utilização do ensaio de potencial da corrosão indicou uma probabilidade de corrosão alta e

de forma generalizada nas peças analisadas. Entre todas as análises a que mais mostrou patologia foi as lajes 100% apresentam algum tipo de manifestação patológica, o que tem relação com as falhas construtivas. A combinação da metodologia GDE e o ensaio de potencial de corrosão permitiu uma avaliação quali-quantitativa da integridade da estrutura de concreto armado, auxiliando em um prognóstico mais assertivo dos problemas evidenciados na edificação.

O concreto armado é um dos métodos construtivos mais utilizados no Brasil, sendo assim, esta pesquisa objetivou a identificação de manifestações patológicas em estruturas de concreto e concreto armado em um campo de futebol e avaliou o nível de degradação dos elementos. Após a identificação dos tipos de manifestações patológicas foi calculado o GDE para cada elemento, avaliando o grau dos danos e a importância de cada elemento estrutural analisado. O GDE global apresentou o valor de 66,36, indicando que a estrutura em estudo está em estado alto de deterioração. Constatou-se que de maneira geral os pilares apresentaram cobertura deficiente com exposição de armadura e manchas, sendo essa família classificada em estado crítico. Devido ao grande grau de deterioração ser por ocasião dos elementos arquitetônicos isso proporciona uma edificação que não ofereça risco aos seus usuários (Joel *et al*, 2022).

Segundo Pacheco (2020), a concepção de uma edificação compõe-se das fases de projeto, especificação de materiais, execução e manutenção. Caso ocorram falhas, em uma ou mais destas fases, podem surgir patologias que comprometem a segurança, a durabilidade e o desempenho futuro da edificação. O estudo tem como objetivo analisar a condição estrutural de um edifício em concreto armado, A partir dos valores obtidos, foi possível encontrar o grau de deterioração dos elementos de composição arquitetônica (Gd) igual a 38,2, indicando que se deve definir prazo para nova inspeção avaliando um grau médio prazo, A eficiência da metodologia é evidenciada ao analisar os elementos de forma isolada, possibilitando intervenções na família desejada.

Segundo Batista e Castro (2022) tem como objetivo estudar e identificar as possíveis causas que geraram o aparecimento de patologias no concreto armado nas bases dos aerogeradores, análise é realizada a través do método do grau de deterioração dos elementos estruturais (GDE/UNB), tendo em maior parte de sua avaliação as fissuras. O grau de deterioração da estrutura como um todo  $Gd = 23,11$  foi classificado em nível de deterioração médio, para o tratamento dessas fissuras é

utilizada a técnica de injeção ou por máquina de baixa pressão para fissuras com abertura superior a 0,1mm até 3mm ou por gravidade para fissuras com abertura superior a 3mm

As análises foram concentradas sobre as manifestações patológicas relacionadas à degradação das estruturas metálicas da cobertura e da estrutura de concreto armado, o prédio está localizado numa região litorânea, que de acordo com a NBR 6118 (2014) pertence a uma zona de agressividade III, após avaliação GDE chegou a um grau de criticidade de aproximadamente 48, atingindo assim um nível alto, tendo como elemento com maior Gd os pilares devido ao ambiente agressivo (Freitas, 2021).

Embora muitos abordem diferentes tipos de construções de concreto armado, todos estão preocupados com problemas nas estruturas das construções. Dantas (2023), Galvão e Silva (2021), tem como as principais deteriorações em lajes e vigas, sendo as principais causas a umidade em pequenas fissuras que ocasionam em manchas e desagregação. Pedrosa (2023) destacou a falta de supervisão de projetos na construção como causas de problemas. Machado (2018) mostrou grandes falhas na edificação devido ao cobrimento incorreto. Cada um dos estudos destaca a necessidade da utilização da metodologia GDE para melhorar, entender e corrigir problemas nas estruturas de construção.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 Característica do local Estudado

O presente estudo tem como propósito a pesquisa e coleta de dados de manifestações patológicas no Centro Cultural Denise Stoklos localizado na cidade de Irati-PR, conforme figura 6. A sua localização é central, próximo da praça da bandeira de cidade, o qual oferece supermercados, hospital, dentre outras edificações de moradia e comércio.

**Figura 6: Localização do Centro cultural Denise Stoklos**



**Fonte: Google Earth (acesso em 10 de novembro. 2023)**

A cidade está localizada na região sudeste do estado do Paraná, tem uma população estimada 59.280 habitantes, possuindo uma extensão territorial de 999.517 km<sup>2</sup>. (IBGE, 2022).

Como pode ser visto na Figura 7 a Obra concebida pelos mesmos engenheiros e arquitetos que criaram o Teatro Guairá de Curitiba, administrada pela UNICENTRO e promovida pelo então Governador do Estado do Paraná Roberto Requião em 2007, possui uma dimensão de 4.000 metros quadrados construídos, a um custo de R\$ 18 milhões. Trata-se de um teatro completo com capacidade de 517 lugares. (Stoklos, 2007)



**Figura 7: Planta de Situação do teatro**



**Fonte: Stoklos (2007)**

Na obra era esperado também de uma concha acústica conforme a Figura 8 acoplada com o intuito de receber shows ao ar livre, com vistas a atender o público da “Ancespar”, região do Centro-Sul do país.

**Figura 8: Planta variação de nível**



**Fonte: Stoklos (2007)**

Na Figura 9 é apresentado como é feita a distribuição da obra. Essa obra será subdividida em 3 áreas . São as áreas A, B e C. Na A tem se uma estrutura com formato de meia concha com área totalmente aberta, pilares vigas e lajes, totalmente exposta. Na área B temos todo o corpo do teatro, onde seria o local dos acentos, e corredores para os visitantes. O palco e a foco ficou respectivamente com a área C. No atual momento esse local serve de abrigo para moradores de rua e indígenas.

**Figura 9: Disposição das áreas**



Fonte: Adaptado pelo autor

## 5.2 Etapas da metodologia para o levantamento patológico

O estudo do grau de deterioração das estruturas de concreto armado será realizado em toda obra, apresentados pela Figura 9, utilizando a versão mais recente da Metodologia GDE/UnB. A classe de agressividade ambiental destas estruturas é dada como moderada, devido à obra se encontrar em ambiente urbano. Inicialmente para uma melhor visualização dos elementos a serem analisados, como lajes, vigas, marquises, pilares, serão realizados croquis do projeto do centro cultural, subdividindo suas áreas para obter uma localização e identificação precisa das patologias. Por meio da análise local, verificar quais elementos apresentam manifestações patológicas, mostrar os tipos específicos, e estabelecer seus fatores de ponderação e intensidade. Esses dados serão então utilizados no cálculo do grau de deterioração desses elementos.

Para uma adequação de imagem, será utilizado um drone, para tirar as fotografias com alta resolução, já que não é possível a entrada no local, devido as pessoas que ali residem, sendo assim, não foi possível a análise da patologia na área interna do local área B e C. Para as patologias de fissura, será utilizado um paquímetro, somente na área A que é aberta, assim sendo possível a análise e obter mais dados. Após isso, será determinado em cada um desses elementos, de cada uma das áreas qual é o seu grau de deterioração, para, posteriormente, poder determinar o grau de deterioração da família. O cálculo do grau de deterioração dos elementos e das famílias será realizado através de planilhas criadas com auxílio do Excel, subdivididos em pilares, vigas e lajes. O grau de deterioração global não será

de toda a obra somente da área externa, e de todas as subdivisões de áreas, será apresentado em um quadro separado.

### 5.3 Levantamento das Patologias

Após a coleta e interpretação dos dados obtidos através do método GDE/UnB, para uma melhor análise do mesmo, foram realizadas subdivisões da área da obra para melhor análise e visualização, a seguir são apresentados os resultados obtidos em cada uma das subdivisões da área.

#### 5.3.1 Área A

A área apresentada pela Figura 10 corresponde ao hall de entrada, a obra está em abandono desde 2010, a área em análise teria como intuito a recepção e também utilizado como área de shows abertos.

**Figura 10: Área A**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2023)**

No croqui Apresentada no Apêndice 1, é exibido o detalhamento da área A, tendo em vista uma melhor visualização de cada um dos elementos estruturais, para realização do estudo do grau de deterioração.

Na Tabela 17, 18 e 19 é possível visualizar as patologias encontradas na área A e o grau de deterioração de cada elemento e suas respectivas famílias

Tabela 17: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Pilar área A

PILARES										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
P1	Falha de concretagem	3	3	24	24	40	Médio	40	55	5
	Manchas	3	3	24						
	Umidade	3	3	24						
P2	Fissuras	4	1	3	24	30	Médio			
	Falha de concretagem	3	2	5						
	Manchas	3	3	24						
P3	Falha de concretagem	3	2	5	24	37	Médio			
	Manchas	3	3	24						
	Umidade	3	3	24						
P4	Desagregação	3	2	5	5	8	Baixo			
	Falha de concretagem	3	2	5						
	Manchas	3	2	5						
P5	Desagregação	3	3	24	24	31	Médio			
	Falha de concretagem	3	2	5						
	Manchas	3	2	5						
P6	Fissuras	4	1	3	24	29	Médio			
	Falha de concretagem	3	3	24						
	Manchas	3	1	2						
P7	Desagregação	3	1	2	5	7	Baixo			
	Fissura	4	1	3						
	Manchas	3	2	5						
P8	Falha de concretagem	3	2	5	24	28	Médio			
	Manchas	3	3	24						
P9	Falha de concretagem	3	2	5	24	28	Médio			
	Manchas	3	3	24						
P10	Falha de concretagem	3	3	24	24	36	Médio			
	Manchas	3	3	24						
P11	Falha de concretagem	3	2	5	24	28	Médio			
	Manchas	3	3	24						
P12	Falha de concretagem	3	2	5	24	28	Médio			
	Manchas	3	3	24						
P13	Falha de concretagem	3	3	24	24	40	Médio			
	Umidade	3	3	24						
	Manchas	3	3	24						

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Tabela 18: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Vigas área A

VIGAS										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
V01-1	Umidade	3	3	24	24	24	Médio	24	32	5
V01-2	Umidade	3	3	24	24	24	Médio			
V01-3	Umidade	3	3	24	24	24	Médio			
V01-5	Umidade	3	2	5	5	5	Baixo			
V01-7	Desplacamento	3	2	5	5	5	Baixo			
V01-8	Fissuras	4	1	3	3	3	Baixo			
V02-1	Fissuras	4	1	3	3	3	Baixo			
V02-2	Umidade	2	1	2	2	2	Baixo			
V02-3	Desplacamento	3	2	5	5	5	Baixo			
V02-6	Umidade	3	3	24	24	24	Médio			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Tabela 19: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Lajes área A

LAJES										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
L1	Manchas	3	3	24	24	26	Médio	28	38	4
	Umidade	3	1	2,4						
L-2	Manchas	3	3	24	24	24	Médio			
L-3	Umidade	3	2	4,8	24	28	Médio			
	Manchas	3	3	24						
L-4	Manchas	3	3	24	24	28	Médio			
	Umidade	3	2	4,8						
L-5	Manchas	3	3	24	24	28	Médio			
	Umidade	3	2	4,8						
L-6	Manchas	3	1	2,4	2,4	4	Baixo			
	Umidade	3	1	2,4						
L-7	Manchas	3	3	24	24	26	Médio			
	Umidade	3	1	2,4						
L-8	Manchas	3	3	24	24	28	Médio			
	Umidade	3	2	4,8						

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

A pesquisa proporcionou uma análise mais aprofundada, identificando sessenta e três danos decorrentes de seis tipos de patologia na área A: desagregação, deslocamento, falha de concretagem, umidade, fissura e manchas. Essas patologias resultaram em graus de deterioração distintos para as famílias de pilares, vigas e lajes, totalizando 55, 32 e 38, respectivamente.

Os elementos P1 (família dos pilares), V01-1 (família das vigas) e L3 (família das lajes) exibiram os maiores graus de deterioração na área A, com Gd de 40, 24 e 28, respectivamente. O pilar P1, viga V01-1 e laje L3 apresentaram um nível de deterioração médio, conforme a tabela. Recomenda-se uma nova inspeção com intervenção em um prazo máximo de dois anos.

Nas Figuras 11, 12, 13 e 14 são apresentadas algumas das patologias encontradas nos elementos estruturais da área A.

**Figura 11: Pilar 1**



**Patologias: Manchas ( $F_i = 3$ ); Umidade ( $F_i = 3$ ); Falha( $F_i = 3$ )**

**Figura 12: Pilar 9; Laje 8**



**Patologias Pilar: Falha ( $F_i = 2$ ); Manchas ( $F_i = 3$ ); Umidade ( $F_i = 3$ ). Patologias Laje: Manchas ( $F_i = 3$ ); Infiltração  $F_i = 2$ )**

**Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)**

Figura 13: Viga 02-3



Patologias: Deslocamento ( $F_i = 2$ )

Figura 14: Pilar 8



Patologias: Falha ( $F_i = 2$ ); Manchas ( $F_i = 3$ );

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

O grau geral de deterioração estrutural na área A alcançou 42 apresentou um nível de deterioração médio, conforme a tabela 20. Recomenda-se uma nova inspeção com intervenção em um prazo máximo de dois anos.

Tabela 20: Grau de deterioração global área A

GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL					
Elementos	Gdf	Fr	Gd	Nível de deterioração	Ações recomendadas
PILARES	55	5	42	Médio	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
VIGAS	32	5			
LAJES	38	4			
	591	14			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

### 5.3.2 Área B

A região destacada na Figura 15 representa a área destinada às arquibancadas, mezaninos e escadarias de acesso aos assentos. A entrada foi restringida para análise interna devido à presença de moradores de rua e usuários que utilizam o espaço como abrigo. O ambiente em questão apresenta um suave declive planejado em direção à área onde está situado o palco. No croqui apresentada no Apêndice 2, é exibido o detalhamento da área B

**Figura 15: Área B**



**Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)**

Nas Tabelas 21 e 22 foi possível observar quais foram as patologias encontradas na área B e também qual o grau de deterioração de cada elementos e o da família desses elementos, nessa área não foi possível visualizar patologias nas vigas.



Tabela 21: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Pilar área B

PILARES										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
P14	Falha de concretagem	3	3	24	24	37	Médio	37	49	5
	Manchas	3	2	5						
	Umidade	3	3	24						
P15	Manchas	3	3	24	24	28	Médio			
	Falha de concretagem	3	2	5						
P16	Falha de concretagem	3	2	5	24	37	Médio			
	Manchas	3	3	24						
	Umidade	3	3	24						
P18	Falha de concretagem	3	2	5	5	7	Baixo			
	Manchas	3	2	5						
P20	Manchas	3	2	5	5	5	Baixo			
P21	Falha de concretagem	3	3	24	24	26	Médio			
	Manchas	3	1	2						
P21	Umidade	3	3	24	24	28	Médio			
	Manchas	3	2	5						

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Tabela 22: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Laje área B

LAJES										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
L9	Umidade	3	1	2	24	26	Médio	28	38	4
	Manchas	3	3	24						
L10	Umidade	3	1	2	24	26	Médio			
	Manchas	3	3	24						
L11	Manchas	3	3	24	24	24	Médio			
L13	Umidade	3	1	2	24	26	Médio			
	Manchas	3	3	24						
L15	Manchas	3	3	24	24	24	Médio			
L16	Umidade	3	2	5	24	28	Médio			
	Manchas	3	3	24						
L18	Manchas	3	3	24	24	24	Médio			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Como estudo realizado foi possível observar a presença de quatro tipos de patologias nas estruturas de concreto da área B, sendo elas: umidade, mancha, falha de concretagem e umidade na base.

Os elementos P14 (família dos pilares) e L16 (família das lajes) exibiram os maiores graus de deterioração na área B, com Gd de 49 e 38, respectivamente. O pilar P14, laje L16 apresentaram um nível de deterioração médio, conforme a tabela. Recomenda-se uma nova inspeção com intervenção em um prazo máximo de dois anos.

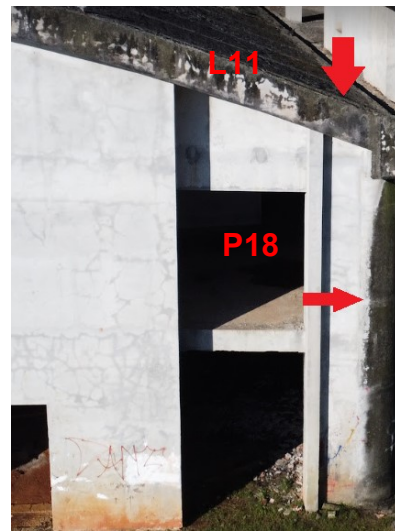
Nas Figuras 16 e 17 são apresentadas algumas das patologias encontradas nos elementos estruturais da área A.

**Figura 16: Pilar 20**



**Patologias: Manchas ( $F_i = 2$ );**

**Figura 17: Pilar 18/ Laje 20**



**Patologias Pilar : Falha ( $F_i = 2$ ); Manchas ( $F_i = 2$ ). Patologias Laje: Manchas ( $F_i = 3$ )**

**Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)**

O grau de deterioração global avaliando somente a área esta da estrutura em concreto da área B obteve um resultado igual a 44, conforme Tabela 23, mostra que é uma deterioração de nível médio e a ação que deve ocorrer é a realização de uma nova inspeção e planejamento de uma intervenção no período de até 2 anos.

**Tabela 23: Grau de deterioração global área B**

GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL					
Elementos	Gdf	Fr	Gd	Nível de deterioração	Ações recomendadas
PILARES	49	5	44	Médio	Definir prazo e natureza de nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máximo 2 anos).
VIGAS	0	0			
LAJES	38	4			
	399	9			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

### 5.3.3 Área C

A região destacada na Figura 18 representa a área do palco, ponto focal, camarins, banheiros e toda a estrutura relacionada ao espetáculo. No croqui apresentada no Apêndice 3, é exibido o detalhamento visível para melhor avaliação da área C, para a determinação dos graus de deterioração dos elementos nas Tabelas 24 e 25.

A entrada foi restrita para análise interna devido à presença de moradores de rua e usuários que utilizam o local como abrigo. Embora tenha sido possível realizar o sobrevôo com o drone, a luminosidade insuficiente não permitiu que os sensores identificassem paredes e pilares internos, aumentando o risco de colisões.

**Figura 18: Área C**

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

**Tabela 24: Grau de deterioração dos elementos estruturais Composição arquitetônica área C**

ELEMENTOS DE COMPOSIÇÃO ARQUITETONICA ( BLOCOS )										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
A1	Fissura	3	2	5	60	64	Crítico	90	121	1
	Manchas	3	4	60						
A2	Eflorescência	2	3	16	16	20	Médio			
	Desagregação	3	1	2						
	Manchas	3	1	2						
A3	Umidade	3	4	60	60	90	Sofrível			
	Manchas	3	4	60						
A4	Manchas	3	1	2	2	2	Baixo			
A5	Umidade	3	4	60	60	90	Sofrível			
	Manchas	3	4	60						
A7	Manchas	3	3	24	24	24	Médio			
A8	Fissura	3	1	2	60	62	Alto			
	Manchas	3	4	60						
A9	Manchas	3	2	5	5	5	Baixo			
A10	Manchas	3	3	24	24	24	Médio			
A11	Manchas	3	4	60	60	60	Alto			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

**Tabela 25: Grau de deterioração dos elementos estruturais tipo Laje área C**

LAJES										
Elemento	Tipo de dano	F <sub>p</sub>	F <sub>i</sub>	D	D <sub>máx</sub>	G <sub>de</sub>	Nível de deterioração	G <sub>de(máx)</sub>	G <sub>df</sub>	F <sub>r</sub>
L19	Umidade	3	1	2	60	62	Alto	90	120	4
	Manchas	3	4	60						
L20	Umidade	3	1	2	60	62	Alto			
	Manchas	3	4	60						
L21	Umidade	3	4	60	60	90	Sofrível			
	Manchas	3	4	60						
M1	Umidade	3	4	60	60	90	Sofrível			
	Manchas	3	4	60						
M2	Umidade	3	4	60	60	90	Sofrível			
	Manchas	3	4	60						
M3	Manchas	3	3	24	24	28	Médio			
	Fissura	3	2	5						

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Com o estudo realizado foi possível observar a presença de cinco tipos de patologias mostrada algumas nas Figuras 19, 20, 21 e 22 nas estruturas de concreto da área C, sendo elas: eflorescência, desagregação, umidade, mancha e fissura. Entretanto, devido ao fato da área C ter a entrada delimitada no momento da

vistoria, a área interna da edificação não pode ser analisada, como, por exemplo, vigas, pilares, escadas, entre outros elementos ali existentes. Isto fez com que algumas estruturas que pudessem apresentar patologias não fossem analisadas.

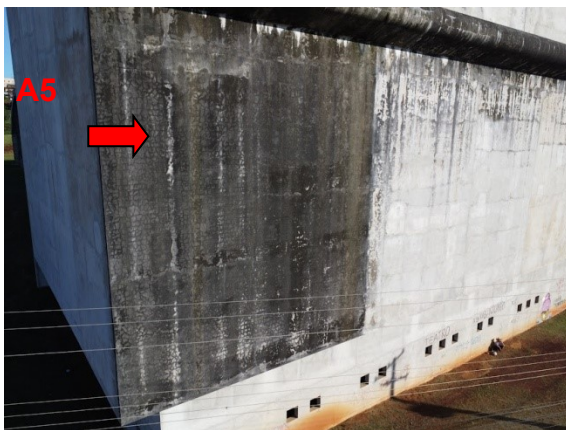
A família dos pilares e das vigas não apresentou patologias estruturais devido ao imprevisto da área interna.

**Figura 19: Laje 21**



Patologias: Umidade ( $F_i = 4$ ); Manchas ( $F_i = 4$ ).

**Figura 21: Arquitetônico 5**



Patologias: Umidade ( $F_i = 4$ ); Manchas ( $F_i = 4$ ).

**Figura 20: Marquise 1**



Patologias: Umidade ( $F_i = 4$ ); Manchas ( $F_i = 4$ ).

**Figura 22: Arquitetônico 3**



Patologias: Umidade ( $F_i = 4$ ); Manchas ( $F_i = 4$ ).

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

Apesar disso, a família das lajes apresentou elemento com nível de deterioração sofrível, com valor Gde igual a 90 e Gdf120, conforme apresentado pela Tabela 24. A família dos elementos arquitetônicos obteve Gde igual a 90e Gdf 121.

**Tabela 26: Grau de deterioração global área C**

GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL					
Elementos	Gdf	Fr	Gd	Nível de deterioração	Ações recomendadas
ARQUITETONICO	121	1	120	Crítico	Inspeção especializada imediata e medidas emergenciais (alívio de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.
VIGAS	0	0			
LAJES	120	4			
	602	5			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 6.1 Níveis de deterioração

A análise das patologias identificadas é um elemento essencial na avaliação dos resultados, fornecendo uma compreensão aprofundada da condição global da estrutura, mesmo que em algumas das áreas não foi possível a análise de alguns elementos, a partir disso e orientando as decisões de intervenção. Abaixo na Tabela 27, apresenta-se a tabela que indica o total de patologias analisadas, somando todas as áreas.

**Tabela 27: Caracterização das recorrências de patologias**

Patologias	Total de recorrências	(%)
Umidade na base	6	5,0%
Falha de concretagem	17	14,3%
Infiltração/Umidade	31	26,1%
Desagregação	4	3,4%
Desplacamento	2	1,7%
Fissuras	7	5,9%
Manchas	58	48,7%
Total	119	100,0%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)

É evidente que a maioria das ocorrências significativas está concentrada em manchas, uma vez que a conclusão da obra não ocorreu. Isso resultou na exposição ao tempo de todas as lajes, pilares e outras áreas, provocando uma maior incidência dessa patologia.

Ao utilizar a avaliação do grau de deterioração estrutural, a área A mostrou um maior índice de dano nos pilares sendo eles 100% afetados por algum tipo de patologia, dentre elas a que mais se mostrou ativa foi a falha na concretagem, deixando assim os elementos expostos, fazendo com que acarrete no desenvolvimento de outros tipos de patologia nesse elemento.

Existe uma grande presença de manchas em todas as áreas, causadas por fungos originados da umidade. Há também uma presença significativa de ocorrência de “umidade”, com maior porcentagem da obra com cobertura deficiente, as quais podem ter as prováveis causas relacionadas a penetrações de água em fissuras, ou ainda em juntas de concretagem mal executadas ou devido à alta porosidade do concreto. Existe também a possibilidade de estar conectada com uma má impermeabilização da estrutura ou deficiência no escoamento das águas pluviais.

Foram constatadas patologias de diferentes intensidades em diferentes elementos, variando assim a segurança e durabilidade da estrutura.

Dentre esses a com maior risco na estrutura são as falhas de concretagem e as fissuras, com o passar do tempo pode ocasionar a exposição das armaduras no ambiente e, então, o processo de corrosão passa a ser favorecido e acelerado.

O nível de deterioração global da obra em um todo foi de Gd71, tendo que esse nível é definido como alto, as ações recomendadas tem um prazo de em media 1 ano para reavaliação do mesmo segundo a Tabela 28.

**Tabela 28: Grau de deterioração global**

GRAU DE DETERIORAÇÃO GLOBAL					
Elementos	Gdf	Fr	Gd	Nível de deterioração	Ações recomendadas
PILARES	56	5	71	Alto	Definir prazo para inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).
VIGAS E TRANSVERSINAS	33	5			
LAJES	123	4			
ARQUITETONICO	121	1			

**Fonte: Elaborado pelo Autor (2023)**

As correções propostas ocorrem para a durabilidade e vida útil dessas estruturas, prezando pelo custo das manutenções no caso do alto índice de umidade e manchas, a limpeza das superfícies e uma pintura impermeabilizante seria benéfica, já que não iria ocorrer a percolação de água no concreto.

## **7 CONCLUSÃO**

Ao encerrar esta investigação sobre a patologia em uma obra paralisada, é possível destacar a importância crítica de compreender os impactos negativos do abandono prolongado em estruturas construídas.

Os resultados obtidos através da análise das manifestações patológicas, mesmo que com níveis de deterioração não tão elevados como fissuras, desagregação e deslocamento, evidenciam uma situação de deterioração significativa nas famílias de pilares, vigas e lajes. A presença de elementos com níveis de deterioração consideráveis, mesmo que com fator de relevância baixo, como a composição A3 e A5, destaca que mesmo esse elemento no estado sofrível não tem um grande dano estrutural que afete em sua segurança e risco, são danos que geram uma deficiência visual na obra, porém pode com o passar dos anos afetar sim a estrutura, como por exemplo, uma maior chance de corrosão.

. Em contra partida a laje L21 possui um nível de risco mais elevado. É importante ressaltar que, mesmo diante da condição desses elementos, requer uma análise específica. Isso pode resultar em significativos riscos para a obra, especialmente devido ao alto índice de umidade no local, o que pode desencadear diversas outras patologias. O elevado grau de deterioração nas lajes, atribuído à exposição prolongada a condições climáticas adversas, reforça a importância de soluções que visem não apenas a reparação, mas também a implementação de medidas preventivas para evitar futuros danos.

A proposta de prazos específicos para análises especializadas em diferentes graus de deterioração visa mitigar danos mais sérios e assegurar a preservação da estrutura. No entanto, a complexidade da situação ressalta a necessidade de uma abordagem abrangente que leve em consideração não apenas a correção das patologias identificadas, mas também a retomada eficaz da construção.



Tendo uma melhor análise da proposta, como grande número de manchas em lajes, composições e pilares pode ser realizado a lavagem do revestimento com produtos de hipoclorito de sódio. É aconselhável raspar primeiro os acúmulos mais significativas com auxílio a uma escova ou espátula, sem deteriorar o suporte e eliminar os resíduos com jacto de água de alta pressão.

Para o grande número de pilares com falhas de concretagem, pode ser realizado o cobrimento com argamassa ou com concreto convencional, ambos consistem na substituição de concreto defeituoso ou deteriorado por outro de boa qualidade e que tenha a maior afinidade possível com o concreto base. Deve-se inicialmente eliminar todos os pontos fracos da superfície a ser reparada antes da aplicação do novo material, então deverá ser realizado um material com resistência no mínimo igual ou superior à do concreto existente na estrutura.

Além disso, o impacto social do abandono, evidenciado pelo uso do local por moradores de rua, destaca a necessidade de uma abordagem integrada que não apenas restaure a estrutura física, mas também aborde as questões sociais relacionadas.

O resgate e revitalização de obras abandonadas não apenas preservam investimentos públicos, mas também contribuem para a construção de ambientes urbanos seguros, funcionais e esteticamente agradáveis.

## **8 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS**

Para a realização de trabalhos futuros recomenda-se pesquisar e avaliar tecnologias sustentáveis que possam ser incorporadas à retomada da construção, visando reduzir o impacto ambiental e promover a sustentabilidade, também investigar soluções de intervenções estruturais específicas para reabilitação da obra, levando em consideração os danos existentes.

## REFERÊNCIAS

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro. 2014.
- ANDRADE, T. (2006). Tópicos sobre Durabilidade do Concreto. In: T. ANDRADE, & G. C. ISAÍÁ (Ed.), **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações** (Vol. 1, p. 1579). São Paulo: IBRACON.
- J. F. ARAÚJO; M. F. E. SILVA; B. B. MARIANI. **Ensaio de potencial de corrosão e metodologia gde/unb para análise da estrutura de concreto armado: estudo de caso em lauro de freitas –Ba REEC –Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 18 -nº 2( 2022)**
- ARIVABENE, A. C. **Patologias em estruturas de concreto armado**: Estudo de caso. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 3, n. 10, p. 1-22, 2015.
- AZEVEDO, M. T. *et al.* **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ibracon, 2011. 1902p, v.2.
- BATISTA. É. S.;CASTRO. M. B. L. **Análise de patologias em estruturas de concreto armado em aerogeradores- estudo de caso na cidade de pindaí- BA, Guanambi – Ba, 2021.**
- BOLDO, P. **Avaliação quantitativa de estruturas de concreto armado de edificações no âmbito do Exército Brasileiro**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002. 275p
- BORDUN, R. F. **Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado – Um estudo de caso** (Bloco Administrativo da UTFPR – Pato Branco). 96 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil.) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco - PR, 2014. Orientador: Prof. Dr. Mario Arlindo Paz Irrigaray. 2014.
- CAMACHO, J. S. **Concreto armado: Estados limites de utilização**. Ilha Solteira, 2005 Apostila - Departamento de engenharia civil, Universidade Estadual Paulista.
- CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**.Brasília : s.n., 2005.
- CROITOR, E. P. N. **A gestão de projetos aplicada à reabilitação de edifícios: estudo da interface entre projeto e obra**. Dissertação - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: [www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17042009-162021](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-17042009-162021)
- DANTAS, B. H. F. **Avaliação de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado através do método GDE/UnB**. 97 f. Trabalho de Conclusão de

curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), 2023.

FRANCO, A. et al. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**. 174. ed. 2011.

FERREIRA, R. M. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão. 2000**. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

FREITAS *et al.* **Avaliação da degradação de estruturas de concreto: Estudo de caso em um supermercado no Bairro do Rio Vermelho – Salvador/BA**. Congressos CONPAT, Salvador, 2021

GNIPPER, S. F.; MIKALDO Jr. J. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicosanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. Curitiba, 2007

GOLÇANVES, E. A. B. **Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações**. 174 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil.) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 2015. Orientador: Jorge dos Santos. 2015

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

HELENE, P. R. L. **Manual de reparo, proteção e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Red Rehabilitar, 2003.

KLEIN, M. L., Peterson, S., and Simington, L. **Teaching Reading in the Elementary Grades**. Needham Heights, Mass.: Allyn and Bacon, (1991)

JOEL *et al.* **Identificação de manifestações patológicas em elementos de concreto e concreto armado**, Mossoro, (2022). Disponível em <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/25158>.

MAZER, W. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Curitiba. UTFPR, 2008.

MACHADO, G. L. **Avaliação da estrutura de duas edificações irregulares de uso misto a partir da utilização do método GDE**. ECI. Samambaia, 2018.

MACHADO, A. P. **Manual de Reforço das Estruturas de Concreto Armado com Fibras de Carbono**. Edição BASF, 2010.

MEDEIROS, M. H. F.; ANDRADE, J. J. O; HELENE, P. **Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto**. In. ISAIAS, Geraldo (Ed.). **Concreto: ciência e tecnologia**, v. 1. São Paulo: IBRACON, 2011.

PARROT, L. J. **Review of carbonation in reinforced concrete**. Buckinghamshire: Cement and Concrete Association, 1987.

PEDROSA, M. K. O. **Estudo de manifestações patológicas em edificações por meio dos métodos GUT e GDE.** Maceió – 2023. 84 f.

PEDROSO, F. L. **Seminário orientou profissional quanto às boas práticas construtivas.** *Concreto & Construções*, São Paulo, ano 92, p. 54-55, out-dez. 2018.

PINA, G. L. **Patologia nas habitações populares.** Rio de Janeiro, 2013.

GALVÃO. R. R; SILVA. F. G. S **Avaliação de Degradação de Estruturas de Concreto em Duas Garagens de Edifícios Residenciais pelo Método GDE/UnB,**Fortaleza, 2021.

SICSÚ, J.; CASTELAR, A. **Sociedade e economia : estratégias de crescimento e desen- volvimento.** – Brasília : Ipea, 2009. 252 p.

STOKLOS. D. <https://denisestoklos.com.br/centrocultural>

SILVA, J. I. P. **DETERMINAÇÃO DO GRAU DE DETERIORAÇÃO EM UMA EDIFICAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI ÁRIDO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO MÉTODO GDE/UNB.** – Mossoró,2019. 59 f. : il.

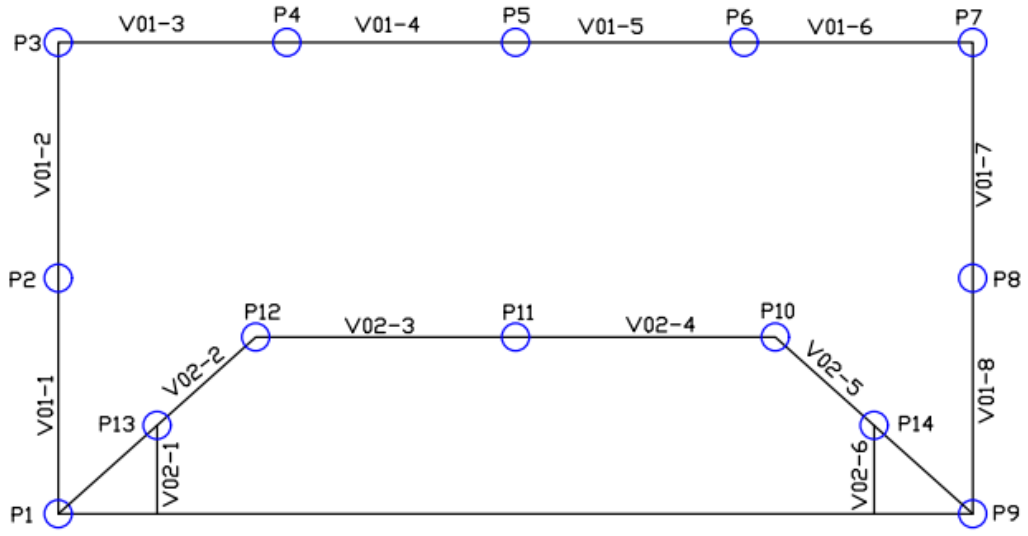
SILVA, M. R.; PINHEIRO, S. M. de M. **Biodeterioração do concreto.** In. ISAIA, Geraldo C. (Ed.). *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*, v. 2. São Paulo: IBRACON, 2005.

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

SOUZA, V. C. M; RIPPER, T.; **Patologia, Recuperação E Reforço De Estruturas De Concreto.** São Paulo: PINI, 2009.

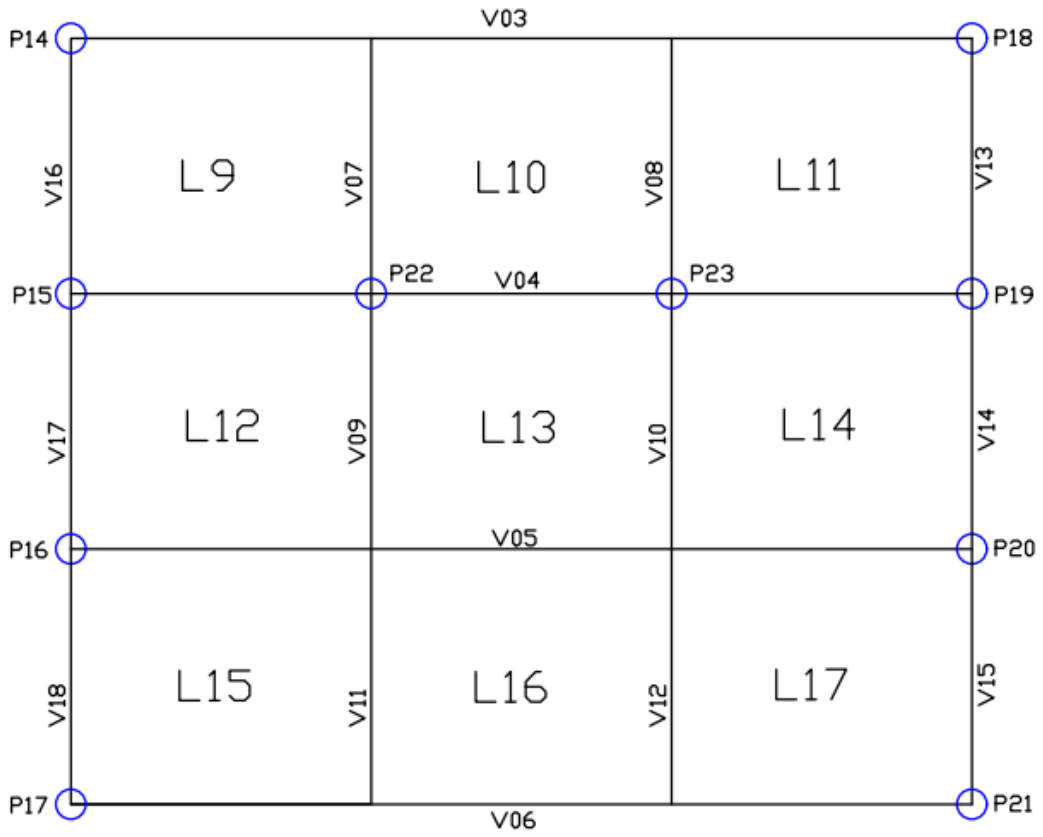
VERLY, R. C.. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais.** BRASÍLIA : S.N., 2015

# APÊNDICE



L1	L3	L5	L7
L2	L4	L6	L8

CROQUI ÁREA A



CROQUI ÁREA B

