



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

BRENO KAIO LISBOA CAMPOS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS ESTRUTURAS DO ESTACIONAMENTO DO
TEMPLO SEDE DA ASSEMBLEIA DE DEUS UTILIZANDO A METODOLOGIA
GDE/UnB**

MOSSORÓ

2022

BRENO KAIO LISBOA CAMPOS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS ESTRUTURAS DO ESTACIONAMENTO DO
TEMPLO SEDE DA ASSEMBLEIA DE DEUS UTILIZANDO A METODOLOGIA
GDE/UnB**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Raimundo Gomes de Amorim Neto, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2022

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas
da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C198a Campos, Breno Kaio Lisboa.
Análise quantitativa das estruturas do
estacionamento do Templo Sede da Assembleia de
Deus utilizando a metodologia GDE/UnB / Breno
Kaio Lisboa Campos. - 2022.
95 f. : il.

Orientador: Raimundo Gomes de Amorim Neto.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2022.

1. análise. 2. concreto. 3. estruturas. 4.
patologia. 5. templo. I. Neto, Raimundo Gomes de
Amorim, orient. II. Título.

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

BRENO KAIO LISBOA CAMPOS

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS ESTRUTURAS DO ESTACIONAMENTO DO
TEMPLO SEDE DA ASSEMBLEIA DE DEUS UTILIZANDO A METODOLOGIA
GDE/UnB**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 25 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Raimundo Gomes de Amorim Neto, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Christiane Mylena Tavares De Menezes Gameleira, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

João Paulo Matos Xavier, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por me guiar e orientar em todos os momentos da minha vida, derramando Sua Soberana Graça em seu mais intrínseco conceito.

Agradeço à minha família por todo suporte dado durante esses anos. Aos meus pais por toda a dedicação e abnegação de muitos de seus sonhos para me conceder sempre o melhor possível. Aos meus avós, em especial, minhas saudosas avós, que foram pilares fundamentais na formação do meu caráter. À minha namorada, por todo companheirismo, compreensão e apoio em minhas decisões e momentos de dificuldade. Aos meus tios e primos por toda motivação, reconhecimento e incentivo dado nessa longa caminhada.

Agradeço a todos os profissionais da educação que me acompanharam durante toda a minha jornada, pois, dos professores aos diretores, posso dizer que fui abençoado em tê-los. Sempre muito atenciosos e dispostos a proporcionar as melhores condições para um aprendizado eficaz e longo.

Agradeço ao Professor Raimundo, que, apesar de estar inserido dentro dos agradecimentos aos profissionais da educação, merece lugar especial pelo seu excelente acompanhamento como Professor Orientador. Sempre disponível para auxiliar, corrigir, sugerir e intermediar muitas das necessidades vivenciadas durante o processo. Tem espaço especial em meu coração.

Agradeço à minha amiga Mariana Saldanha e Júnior Xavier, Secretário de Esportes de Mossoró, pelo esforço prestado para tentar viabilizar a inspeção nas edificações inicialmente escolhidas. Simultaneamente, agradeço aos pastores Erineudo Caetano e Márcio Tarcísio, direção administrativa do Templo Sede, pela liberação do local para a pesquisa.

Agradeço aos meus amigos por terem feito o percurso trilhado ser mais leve.

Agradeço à Banca Examinadora por aceitar analisar este trabalho com o objetivo de trazer contribuições relevantes para o aprimoramento da pesquisa e do documento a ser entregue.

Bendize, ó minha alma, ao Senhor, e tudo que
há em mim bendiga o Seu Santo Nome.
Bendize, ó minha alma, ao Senhor, e não te
esqueças de nenhum dos seus benefícios.

Salmos 103:1,2 (Bíblia Sagrada)

RESUMO

O concreto é um dos materiais de construção mais versáteis e duráveis, sendo o segundo material mais utilizado no mundo devido ao fato de se ter inúmeras vantagens, sejam elas voltadas ao aspecto econômico ou às suas propriedades mecânicas. Porém, pelo fato de nenhum material ter durabilidade ilimitada, é imprescindível que sejam realizadas manutenções preventivas e até mesmo corretivas ao longo da vida útil de uma estrutura, principalmente quando esta representa uma edificação de grande importância cultural e religiosa. Este é o caso do Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró – RN, muito necessário para simpósios, conclaves, congressos e demais celebrações de cunho cristão. Diante desse problema, este trabalho analisa e avalia quantitativamente o grau de deterioração atual da estrutura do estacionamento do templo utilizando a metodologia GDE/UnB, constatando que, apesar de ter elementos em condições excelentes, alguns outros apresentam danos consideráveis, fazendo com que o resultado final aponte para um nível de deterioração “Alto”, necessitando definir prazo para uma inspeção especializada, planejando intervenção em médio prazo (máximo 1 ano).

Palavras-chave: análise; concreto; estruturas; patologia; templo.

ABSTRACT

Concrete is one of the most versatile and durable building materials, being the second most used material in the world due to the fact that it has numerous advantages, whether related to the economic aspect or to its mechanical properties. However, due to the fact that no material has unlimited durability, it is imperative that preventive and even corrective maintenance be carried out throughout the useful life of a structure, especially when it represents a building of great cultural and religious importance. This is the case of the Temple Headquarters of the Assembly of God in Mossoró - RN, very necessary for symposiums, conclaves, congresses and other celebrations of a Christian nature. Faced with this problem, this work quantitatively analyzes and evaluates the current degree of deterioration of the structure of the temple parking lot using the GDE/UnB methodology, noting that, despite having elements in excellent condition, some others present considerable damage, making the result final points to a “High” level of deterioration, requiring a deadline for a specialized inspection, planning intervention in the medium term (maximum 1 year).

Keywords: analysis; concrete; structures; pathology; temple.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Conceitos gerais correlatos à patologia das construções.....	20
Figura 2	–	Lei dos Cinco.....	21
Figura 3	–	Mecanismos de envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto.....	23
Figura 4	–	Fluxograma para aplicação da metodologia GDE/UnB.....	34
Figura 5	–	Grau do Dano (D) em função dos fatores de intensidade de ponderação.....	44
Figura 6	–	Fluxograma da metodologia aplicada para a inspeção.....	49
Figura 7	–	Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró.....	50
Figura 8	–	Vista superior do Templo Sede via satélite.....	51
Figura 9	–	Visão interna do Templo.....	51
Figura 10	–	Estacionamento do Templo Sede.....	52
Figura 11	–	Croqui da estrutura do estacionamento com todos os pilares identificáveis.....	54
Figura 12	–	Croqui da estrutura do estacionamento com todas as vigas identificáveis.....	55
Figura 13	–	Croqui da estrutura do estacionamento com todas as lajes identificáveis.....	55
Figura 14	–	Croqui da estrutura do estacionamento com todas as rampas e juntas de dilatação identificáveis.....	56
Figura 15	–	Fissuras e manchas presentes no pilar P7.....	58
Figura 16	–	Falhas de concretagem e deslocamento no pilar P45.....	59
Figura 17	–	Fissura no pilar P74.....	59
Figura 18	–	Deslocamento e corrosão da armadura da viga V32.....	60
Figura 19	–	Deslocamento e corrosão da armadura da laje L2.....	61
Figura 20	–	Falha de concretagem na laje L2.....	61
Figura 21	–	Falha de concretagem na laje L10.....	62
Figura 22	–	Manchas escuras e eflorescência na rampa R4.....	62
Figura 23	–	Fissuras e deslocamento na rampa R4.....	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	–	Modelo de ficha de inspeção para pilares.....	35
Quadro 02	–	Modelo de ficha de inspeção para vigas.....	36
Quadro 03	–	Modelo de ficha de inspeção para lajes.....	36
Quadro 04	–	Modelo de ficha de inspeção para escadas/rampas.....	37
Quadro 05	–	Modelo de ficha de inspeção para juntas de dilatação.....	37
Quadro 06	–	Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação (F_p) indicados (estado plástico e endurecido).....	38
Quadro 07	–	Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação (F_p) indicados (erros de projeto/execução).....	39
Quadro 08	–	Graus de deterioração dos pilares P1 à P57 e seus respectivos níveis de deterioração.....	64
Quadro 09	–	Graus de deterioração dos pilares P58 à P95 e seus respectivos níveis de deterioração.....	64
Quadro 10	–	Graus de deterioração das vigas e seus respectivos níveis de deterioração....	65
Quadro 11	–	Graus de deterioração das lajes e seus respectivos níveis de deterioração.....	65
Quadro 12	–	Graus de deterioração das rampas e seus respectivos níveis de deterioração	66
Quadro 13	–	Graus de deterioração das juntas de dilatação e seus respectivos níveis de deterioração.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	– Classes de agressividade ambiental.....	22
Tabela 02	– Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos.....	24
Tabela 03	– Teor máximo de íons de cloreto para proteção das armaduras do concreto.....	24
Tabela 04	– Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c=10\text{mm}$	27
Tabela 05	– Limites para deslocamentos em estruturas de concreto armado e protendido..	49
Tabela 06	– Classificação dos danos e fatores de intensidade(F_i).....	41
Tabela 07	– Classificação dos níveis de deterioração do elemento e recomendações em função do valor do G_{de}	45
Tabela 08	– Fatores de Relevância Estrutural (F_r).....	47
Tabela 09	– Classificação dos níveis de deterioração da estrutura e recomendações em função do valor de G_d	48
Tabela 10	– Situação dos elementos estruturais não inspecionados.....	53
Tabela 11	– Resultados obtidos pela adaptação de Euqueres (2011).....	67
Tabela 12	– Resultados obtidos pela proposta de Verly (2015).....	67
Tabela 13	– Incidência das manifestações patológicas avaliadas no Templo Sede.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAA	Classe de Agressividade Ambiental
F_i	Fator de intensidade
F_p	Fator de ponderação
F_r	Fator de relevância
D	Grau de Dano
G_{de}	Grau de deterioração do elemento
G_d	Grau de deterioração da estrutura
G_{df}	Grau de deterioração da família
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization</i> (Organização Internacional de Normalização)
NBR	Norma Brasileira
OAes	Obras de Artes Especiais
PECC	Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil
RN	Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Σ	Somatório
Δ	Variação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	JUSTIFICATIVA.....	16
3	OBJETIVOS.....	17
3.1	Objetivos Gerais.....	17
3.2	Objetivos Específicos.....	17
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1	Durabilidade de Estruturas de Concreto Armado.....	18
4.2	Classe de Agressividade Ambiental	21
4.3	Manifestações patológicas em concreto armado	25
4.3.1	Carbonatação	26
4.3.2	Cobrimento deficiente	26
4.3.3	Contaminação por cloretos	27
4.3.4	Corrosão de armaduras.....	27
4.3.5	Desagregação do concreto.....	28
4.3.6	Deslocamento por empuxo.....	28
4.3.7	Desvios de Geometria.....	28
4.3.8	Eflorescência em superfícies de concreto.....	28
4.3.9	Falhas de concretagem.....	29
4.3.10	Fissuração inaceitável.....	29
4.3.11	Flechas excessivas.....	30
4.3.12	Manchas.....	30
4.3.13	Obstrução de juntas de dilatação.....	31
4.3.14	Recalque de fundações	31
4.3.15	Sinais de esmagamento do concreto.....	31
4.3.16	Umidade excessiva na infraestrutura.....	32
4.4	Metodologia GDE/UnB.....	32
4.4.1	Origem, evolução e definição da metodologia.....	32
4.4.2	Divisão em famílias de elementos típicos.....	34
4.4.3	Fator de ponderação de dano (F_p).....	35
4.4.4	Fator de intensidade do dano (F_i).....	41
4.4.5	Grau de dano (D).....	43

4.4.6	Grau de deterioração do elemento (G_{de}).....	45
4.4.7	Grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df}).....	46
4.4.8	Fator de relevância estrutura (F_r).....	46
4.4.9	Grau de deterioração da estrutura.....	47
5	METODOLOGIA DO TRABALHO	49
5.1	Seleção da edificação a ser inspecionada	49
5.1.1	História da Assembleia de Deus.....	49
5.1.2	Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró-RN.....	50
5.2	Considerações e ajustes da metodologia	52
5.2.1	Adaptações à metodologia GDE/UnB para a referida análise.....	52
5.2.2	Observações sobre guarda-corpo, cortinas, blocos de fundação e pista de rolamento.....	53
5.3	Inspeção da edificação	54
5.3.1	Preparativos para a inspeção.....	54
5.3.2	Procedimentos de inspeção.....	56
5.3.3	Análise e consistência dos dados.....	57
6	RESULTADOS	58
6.1	Situação da edificação	58
6.2	Análise dos Graus de deterioração dos elementos	63
6.3	Resultados finais	66
6.3.1	Adaptação de Euqueres (2011).....	66
6.3.2	Proposta de Verly (2015).....	67
6.4	Incidência dos dados	68
7	CONCLUSÕES	69
	REFERÊNCIAS	70
	APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO	72
	APÊNDICE B – FATORES DE INTENSIDADE (F_i)	79
	APÊNDICE C – GRAUS DE DANO (D)	86
	APÊNDICE D – DEMONSTRAÇÃO DE CÁLCULO	93

1 INTRODUÇÃO

Simultaneamente à relevante evolução do setor de construção civil no Brasil, cresce a preocupação quanto ao desempenho, durabilidade e qualidade das estruturas existentes ao longo do tempo. O concreto é um dos materiais de construção mais versáteis e duráveis, sendo o segundo material mais utilizado no mundo devido ao fato de se ter inúmeras vantagens, sejam elas voltadas ao aspecto econômico ou às suas propriedades mecânicas.

Por possuir limitações e, por muitas vezes, ser utilizado sem preparo e manutenção adequados, é possível observar que as estruturas de concreto armado, sejam elas as mais recentes ou antigas, começaram a manifestar inúmeros problemas construtivos que, além de causar desconforto aos seus usuários, comprometem o desempenho. Tornou-se obrigatório ao projetista determinar a queda natural de desempenho de uma construção, motivado por uma maior atenção às patologias das construções.

Sabendo que muitas dessas construções possuem uso contínuo e de larga escala, entende-se que é fundamental definir a vida útil de serviço de uma estrutura e de seus respectivos materiais, objetivando atingi-la por meio de manutenções preventivas rotineiras. Um dos exemplos desse tipo de construção é o Templo Sede da Assembleia de Deus, edificação escolhida para se realizar a inspeção, visto que diariamente funcionam atividades administrativas com inúmeros funcionários e semanalmente acontecem eventos que comportam, frequentemente, 2000 pessoas simultaneamente sentadas, podendo, em grandes congressos, receber mais de 3000 pessoas simultâneas.

Nessa perspectiva, utilizar a metodologia GDE/UnB é apresentar uma das muitas formas de se avaliar as condições presentes em uma estrutura de concreto. Esta metodologia foi elaborada no Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC – UnB), possibilitando avaliar quantitativamente o grau de deterioração de estruturas de concreto por meio de observações visuais de manifestações de danos e suas evoluções.

2 JUSTIFICATIVA

É de suma importância ter uma boa gestão da manutenção das estruturas, principalmente quando essas representam edificações de grande relevância local. Sendo assim, fazem-se necessários parâmetros que auxiliem na definição das prioridades de intervenção, buscando proporcionar funcionamento adequado. Portanto, é a partir disso que a avaliação quantitativa do grau de deterioração das estruturas do Templo Sede demonstra sua relevância, principalmente ao utilizar a metodologia GDE/UnB, sabendo que essa é uma ferramenta que pode ser utilizada para gerir atividades de manutenção corretiva, indicando as falhas e os elementos que possuem maior gravidade e/ou urgência, facilitando a tomada de decisão na ordem técnico-financeira das intervenções.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

Analisar e avaliar quantitativamente o grau de deterioração atual da estrutura do Templo Sede utilizando a metodologia GDE/UnB, buscando, por meio de todo o conjunto comprovativo elaborado pela observação, contribuir positivamente para a manutenção e/ou restauração, se necessárias, bem como comparar os resultados utilizando as equações de cálculo do grau de deterioração da estrutura utilizada por Euqueres (2011) e por Verly (2015).

3.2 Objetivos Específicos

- Realizar inspeção visual e verificar as manifestações patológicas da estrutura do templo;
- Apresentar, detalhadamente, as principais manifestações patológicas encontradas;
- Disseminar, teoricamente, a eficácia e a praticidade da metodologia GDE;
- Comparar os resultados utilizando as diferentes equações de cálculo do grau de deterioração da estrutura;
- Apontar, quantitativamente, as falhas e os elementos que causam maior impacto na estrutura e, conseqüentemente, no resultado final do GDE;
- Sugerir possíveis correções, quando necessárias, aos elementos estruturais mais preocupantes, segundo a metodologia GDE/UnB;

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Durabilidade de Estruturas de Concreto Armado

O concreto, assim como qualquer outro material, deteriora-se ao longo dos anos em função de uma série de fatores. Muitas são as referências que conceituam a durabilidade de estruturas. Entre elas estão a ISO 6142:1984 e a ABNT NBR 6118:2014.

[...] Durabilidade é 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. (ISO, 1984)

A ABNT NBR 6118:2014, por sua vez, no item 5.1.2.3, define durabilidade como sendo a “[...] capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Sendo assim, pode-se definir a durabilidade como a capacidade de uma edificação ou estrutura manter seu desempenho acima dos níveis mínimos previamente estabelecidos, satisfazendo às exigências e necessidades dos usuários para o propósito para o qual foi construída, considerando todas as condições de contorno, entre elas, as condições de exposição.

Muitos dos problemas relacionados à ausência de durabilidade das estruturas atuais, deve-se à: mudança das propriedades dos cimentos utilizados, problemas de execução e manutenção, além da falta de conhecimento sobre o comportamento dos próprios materiais. Essa deficiência no entendimento do comportamento dos materiais é fruto da ampla disponibilidade dos materiais que constituem o concreto e sua fácil preparação, acarretando em desatenção com a complexidade da sua constituição interna e suas propriedades, sendo, estas, variáveis com as condições temporais e ambientais. Entretanto, as características do concreto, apesar de extremamente importantes, não são os únicos parâmetros que influenciam na durabilidade, incidindo ainda sobre ela os agentes agressivos que existem no ambiente.

A compreensão do conceito de durabilidade é fundamental, pois, por meio dela é possível prever o desempenho do concreto ao longo de sua vida útil, além de antecipar e

prevenir manifestações patológicas. Vida útil essa que, de acordo com o item 6.2.1 e 6.2.2 da ABNT NBR 6118:2014 é:

[...] o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, conforme 7.8 e 25.3, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. O conceito de vida útil aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes. Dessa forma, determinadas partes das estruturas podem merecer consideração especial com valor de vida útil diferente do todo [...] (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014)

A ABNT NBR 15575:2013, no item 3.42, também traz uma outra importante conceituação sobre vida útil:

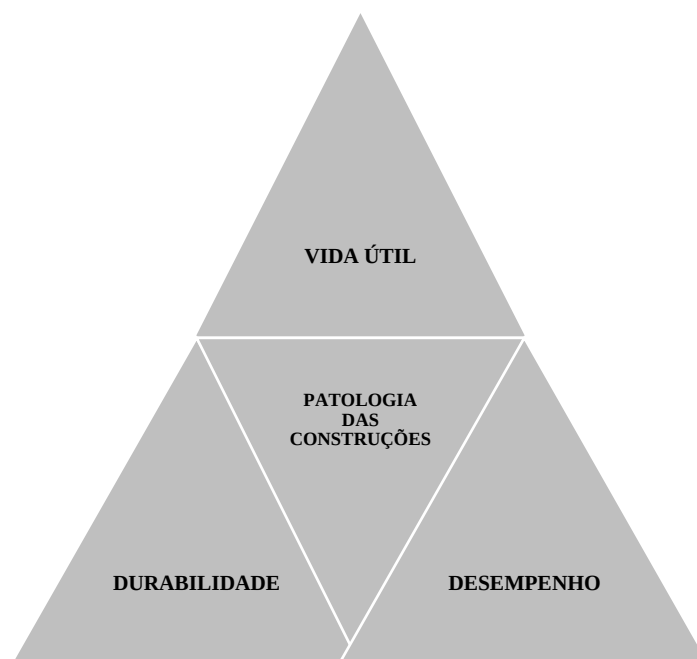
[...] período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento dos níveis de desempenho previstos nesta Norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção [...]. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013)

Dentro da definição de vida útil da ABNT NBR 15575:2013, um outro conceito importante foi citado e necessita de atenção: desempenho. Em seu item 3.10, a norma citada afirma que desempenho é o “comportamento em uso de uma edificação e de seus sistemas” (ABNT, 2013). Souza e Ripper (1998), por sua vez, elucida que desempenho é o “[...] comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil, e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção”. Sendo assim, em resumo, essa descrição sugere que um material possui um desempenho que pode se classificar como adequado quando as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos estabelecidos durante o período de vida útil.

A partir do comprometimento da capacidade mecânica, funcional e/ou estética de uma construção, ocorrem as manifestações patológicas. Sua avaliação, portanto, depende do tempo, do comportamento e das condições de exposição da estrutura, tornando-as, assim,

intrinsecamente associadas aos conceitos anteriormente definidos: durabilidade, vida útil e desempenho, como expressa a Figura 01.

Figura 01 – Conceitos gerais correlatos à patologia das construções



Fonte: Adaptado de Ferreira (2016)

Tal correlação tem consequências diretas nos custos de recuperação de uma estrutura em concreto armado. Nessa perspectiva, a Lei dos Cinco, formulada por Sitter (1983), estabelece a evolução dos custos com reabilitações de construções durante todas as suas etapas, demonstrando, portanto, a importância e indispensabilidade das manutenções preventivas ao longo da vida útil, objetivando economia com os referidos custos.

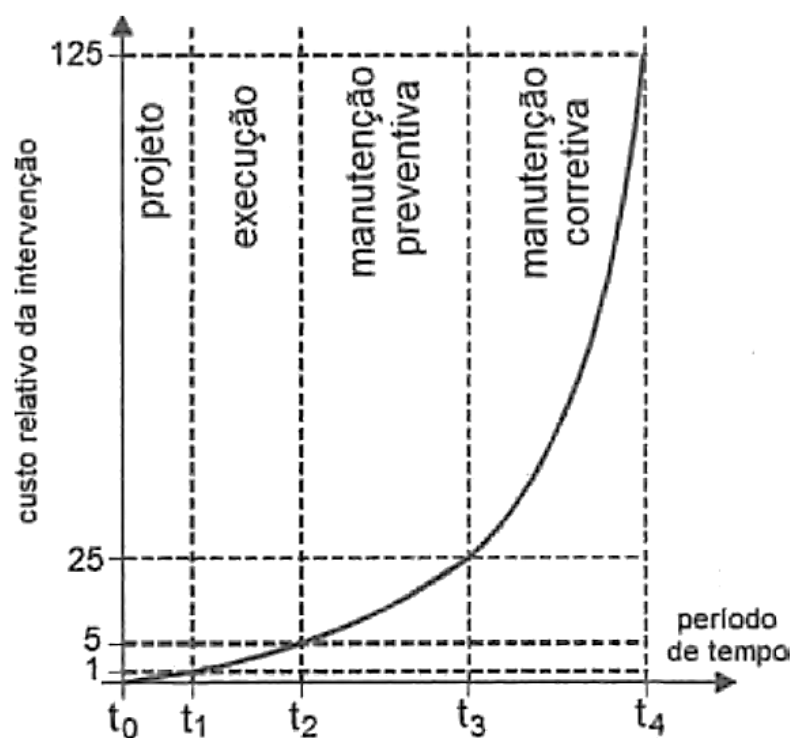
As quatro fases da Lei dos Cinco de Sitter são:

- Fase de projeto: adoção de medidas que visam assegurar a durabilidade e proteção antes de sua execução. Determinar maior valor de cobrimento de armaduras ou adições de tratamentos protetores de superfícies são exemplos de medidas dessa fase;
- Fase de execução: decisões tomadas a nível de obra, como, por exemplo, necessitar alterar a relação água-cimento para garantir a durabilidade;
- Fase de manutenção preventiva: operações que naturalmente ocorrem em razão do processo executivo. Ou seja, ações preventivas que não são possíveis de se realizar antes da execução;

- Fase da manutenção corretiva: ações de reparo, reforço e proteção de estruturas que não mais demonstram desempenho adequado. Nessa fase, há o surgimento de manifestações patológicas claras.

Os custos de correção crescem em uma progressão geométrica de ordem 5 a cada fase, como está expresso na Figura 02.

Figura 02 – Lei dos Cinco



Fonte: Guia da Engenharia (2019)

A partir da Figura 02, pode-se afirmar que as intervenções serão mais promissoras quanto mais cedo forem executadas por seu responsável. Ou seja, efetivas, de resolução prática e, principalmente, menos onerosas.

4.2 Classe de Agressividade Ambiental

É possível extrair da ABNT NBR 6118:2014, no item 6.4, prescrições gerais acerca da durabilidade de estruturas de concreto, de acordo com a agressividade do meio ambiente, relacionada às ações físicas e químicas previstas, de forma independente das ações mecânicas, retração hidráulica e variações volumétricas, por exemplo. A Tabela 01 apresenta uma

adaptação da Tabela 6.1 da norma citada, contendo a classificação da agressividade do ambiente que deve ser considerada nos projetos de estruturas correntes.

Tabela 01 – Classes de agressividade ambiental

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

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

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

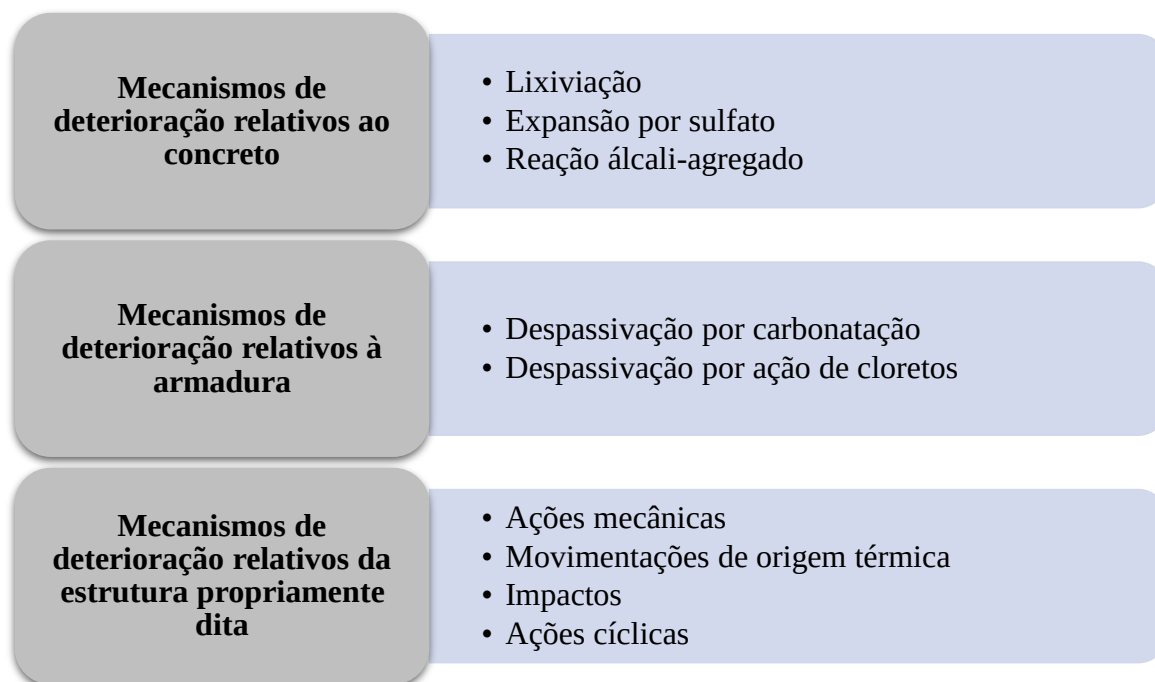
^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118 (2014)

Esta avaliação depende não somente da localização geográfica e destinação principal, como o paralelo entre os casos de ambientes rurais e urbanos, mas também do tipo de agentes agressivos que atuam sobre a estrutura. Este raciocínio é realizado ao se observar que dentro das Classes III e IV tem-se ambientes industriais como classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto. Edificações que possuem exposição a agentes químicos agressivos, como indústrias de fertilizantes, mesmo estando localizadas em uma área rural, possibilita ao projetista considerar a Classe IV.

A ABNT NBR 6118:2014 separa o item 6.3 para os mecanismos de envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto, complementando o estudo das variadas possibilidades de degradação a que estruturas de concreto armado e protendido estão sujeitas. A Figura 03 apresenta esses mecanismos subdivididos em três grupos.

Figura 03 – Mecanismos de envelhecimento e deterioração das estruturas de concreto



Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6118 (2014)

O grupo “Mecanismos de deterioração relativos ao concreto” trata dos ataques diretos ao concreto, causando o transporte de materiais solúveis, como o hidróxido de cálcio – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – deixando a estrutura do concreto mais porosa e acessível a agentes agressivos. Além disso, o concreto passa a estar sujeito a reações que originam produtos expansivos, gerando tensões internas que podem comprometer a integridade do concreto.

De forma semelhante, tendo, como principal mecanismo de degradação, a corrosão, o aço também está sujeito à degradação. Em meio a um pH de 12,5 (alcalino), o aço não apresenta as condições necessárias para o início do processo corrosivo e, nesse caso, pode-se dizer que a armadura está passivada. A carbonatação do concreto e a ação de cloretos faz com que a armadura se despassive, permitindo então que o processo corrosivo se instale. Além dos fenômenos citados até agora, a estrutura ainda está sujeita a ações mecânicas, impactos, dentre outras, que causam danos que podem comprometer a vida útil da estrutura.

Complementando a ABNT NBR 6118:2014, a ABNT NBR 12.655:2006, no item 5.2, ratifica as classes de agressividade ambiental apresentadas naquela norma, trazendo premissas específicas para os concretos em situações especiais de exposição, como a necessidade de baixa impermeabilidade a água, exposição a processos de congelamento e descongelamento ou a agentes químicos de degelo. A partir da definição da condição de exposição são prescritos

valores mínimos para a resistência característica do concreto (f_{ck}) e valores máximos para a relação água cimento.

Na Tabela 4, do item 5.2.2.3, da ABNT NBR 12655:2015, tem-se a classificação da condição de exposição de acordo com a quantidade de sulfato solúvel (SO_4) em água no solo ou presente na água. A Tabela 02 expressa uma adaptação da tabela citada.

Tabela 02 – Requisitos para concreto exposto a soluções contendo sulfatos

Condições de exposição em função da agressividade	Sulfato solúvel em água (SO_4) presente no solo % em massa	Sulfato solúvel (SO_4) presente a água ppm	Máxima relação água/cimento, em massa, para concreto com agregado normal*	Mínimo f_{ck} (para concreto com agregado normal ou leve) MPa
Fraca	0,00 a 0,10	0 a 150	-	-
Moderada**	0,10 a 0,20	150 a 1500	0,50	35
Severa***	Acima de 0,20	Acima de 1500	0,45	40

* Baixa relação água/cimento ou elevada resistência podem ser necessárias para a obtenção de baixa permeabilidade do concreto ou proteção contra a corrosão da armadura ou proteção a processos de congelamento e degelo.

** Água do mar

*** Para condições severas de agressividade, devem ser obrigatoriamente usados cimentos resistentes a sulfatos.

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 12655 (2015)

Os sulfatos não oferecem riscos diretos à armadura, uma vez que atuam no concreto reagindo com os aluminatos presentes. Por outro lado, os cloretos atuam diretamente sobre as armaduras de reforço do concreto (VERLY, 2015). Dessa forma, a ABNT NBR 12655:2015, no item 5.2.2.4, traz a definição do valor máximo da concentração de íons de cloreto no concreto endurecido, considerando todos os componentes do concreto no aporte de cloretos, como está expresso na Tabela 03.

Tabela 03 – Teor máximo de íons de cloreto para proteção das armaduras do concreto

Tipo de estrutura	Teor máximo de íons cloreto (Cl^-) no concreto (% sobre a massa de cimento)
Concreto protendido	0,05
Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura	0,15
Concreto armado em condições de exposição não severas (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura)	0,40
Outros tipos de construção em concreto armado	0,30

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 12655 (2015)

Apesar de serem requisitos específicos para o concreto e para o aço, as ações do ambiente sobre uma estrutura sempre apresentam efeitos colaterais. Um exemplo é a ação dos íons cloreto, que apesar de não afetarem diretamente a microestrutura do concreto, podem criar as condições para o início do processo corrosivo. Os produtos de corrosão possuem volume muito maior que o do aço, provocando tensões internas. Se o concreto não resistir a esses esforços, fissuras serão abertas, permitindo, ainda mais, o acesso de agentes agressivos. Por outro lado, os sulfatos não atuam diretamente sobre as armaduras, mas, se houverem condições propícias, provocarão reações expansivas, fazendo com que o concreto se fissure, abrindo caminho para o CO₂ ou íons cloreto que despassivam as armaduras, dando início ao processo corrosivo (VERLY, 2015).

4.3 Manifestações patológicas em concreto armado

“As interações entre os materiais e o ambiente pode reduzir o desempenho dos materiais como consequência da deterioração de suas propriedades, sendo que os mecanismos de deterioração são diferentes nos três tipos de materiais” (VERLY, 2015). Os metais passam por uma efetiva perda de material, seja ela por corrosão ou por oxidação. Já com os materiais cerâmicos, mesmo com resistência superior, temperaturas elevadas ou ambientes extremos podem ocasionar deterioração; esse processo também é frequentemente chamado de corrosão. Quanto aos polímeros, a dissolução pode ocorrer quando expostos a solventes, ou podem inchar em caso de absorvê-los. Soma-se a isso as alterações que a radiação eletromagnética (ultravioleta) e o calor podem promover às estruturas moleculares dos polímeros.

Com isso, podemos perceber que as estruturas em concreto armado sofrem alterações ao longo do tempo em função das interações entre os seus materiais constituintes: cimento, água, agregados miúdos e graúdos, aditivos, etc. (FERREIRA, 2016). A seguir, apresenta-se uma listagem, presente no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Artes Especiais (VERLY, 2015), dos danos mais frequentes em estruturas de concreto com conceituação concisa e direta, tendo, como objetivo, trazer maior uniformidade nas inspeções, evitando excesso de subjetividade na quantificação dos danos por meio da utilização da metodologia GDE/UnB.

4.3.1 Carbonatação

Processo físico-químico que consiste na reação do dióxido de carbono (CO_2), presente no ar, dissolvido no interior da fase aquosa dos poros do concreto, com os hidróxidos de cimento Portland hidratado. Essa reação se desenvolve, principalmente com o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), resultando no carbonato de cálcio (CaCO_3), o qual acidifica o concreto. A carbonatação da cal reduz o pH do concreto e provoca a despassivação das armaduras, ou seja, a redução da capacidade de proteger o aço da corrosão. Há algumas referências que divergem dessa afirmação, acreditando que esse fenômeno eletroquímico não é capaz de se propagar, devido à colmatção dos poros proporcionada pelo CaCO_3 gerado (BOLINA *et al.*, 2019).

Visualmente, é difícil determinar se um concreto está ou não carbonatado. Entretanto, essa averiguação pode ser feita por meio da aspersão de fenolftaleína, indicador colorimétrico, junto à peça que se deseja avaliar. Quando em contato com esta solução, o concreto com pH abaixo de 8,2, aproximadamente, permanece com sua tonalidade original, mostrando que está carbonatado. Já se tiver com o pH entre 8,2 e 9,8, a cor resultante é rosa. Por fim, com pH acima de 9,8, a cor é vermelho-marfim, demonstrando uma boa condição do concreto.

4.3.2 Cobrimento deficiente

O cobrimento insuficiente das armaduras torna a estrutura de concreto mais susceptível à deterioração por corrosão de barras, devido à agressividade ambiental. A ABNT NBR 6118:2014, do item 7.4.7.1 ao 7.4.7.7, recomenda que o projeto e a execução dos elementos constitutivos das estruturas de concreto devem respeitar os valores prescritos para o cobrimento nominal (c_{nom}) da camada de concreto sobre as armaduras de aço, conceituado como cobrimento mínimo somado a uma tolerância de execução (Δc). No caso de existir um controle de qualidade rigoroso, pode ser adotado um valor de $\Delta c = 5\text{mm}$. Entretanto, em casos comuns, deve ser, no mínimo, $\Delta c = 10\text{mm}$, resultando nos cobrimentos nominais apresentados na Tabela 04. Esses cobrimentos nominais se referem à superfície da armadura mais externa, sendo, quase sempre, os estribos. As condições para que seja determinado o cobrimento nominal para uma determinada são apresentadas nas Equações 01, 02 e 03.

$$c_{nom} \geq \Phi_{barra} \quad (01)$$

$$c_{nom} \geq \Phi_{feixe} = \Phi_n = \Phi\sqrt{n} \quad (02)$$

$$c_{nom} \geq 0,5 \cdot \Phi_{bainha} \quad (03)$$

Tabela 04 – Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal para

 $\Delta c=10\text{mm}$

C _{nom} (mm)	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental			
		I	II	III	IV ³⁾
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	55
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos, e outros tantos, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelo exposto abaixo da tabela, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15\text{mm}$.

³⁾ As faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos devem ter cobrimento nominal $\geq 45\text{mm}$.

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

4.3.3 Contaminação por cloretos

É causada pelo emprego, na execução do concreto, de aditivo à base de cloretos, com teor excessivo, ou até mesmo pela penetração de cloretos presentes no meio ambiente, como no caso de regiões à beira-mar. É um dano comum em peças pré-moldadas, porém, em casos gerais, as manifestações mais comuns são as fissuras, sejam elas locais ou generalizadas, sobre as armaduras e a presença de manchas no concreto pela retenção de umidade, criando fungos frequentemente. Os íons de cloreto também podem ser incorporados ao concreto pelo uso de água da rede pública no amassamento ou nas operações de limpeza de pisos e fachadas com utilização de ácido muriático, mesmo em baixas concentrações.

4.3.4 Corrosão de armaduras

Processo físico-químico gerador de óxidos e hidróxidos de ferro, produtos que ocupam um volume significativamente superior (em até 6 vezes) ao volume original das armaduras, sujeitando o concreto a elevadas tensões de tração (da ordem de até 15 MPa). Essas tensões, naturalmente, ocasionam fissuras no concreto e o posterior lascamento da camada de cobertura do concreto. A corrosão, inicialmente, se manifesta na superfície do elemento estrutural, por meio de manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas, em razão da lixiviação

do concreto dos produtos de corrosão, progredindo com o tempo e podendo chegar até à perda total da seção transversal da armadura (VERLY, 2015).

4.3.5 Desagregação do concreto

Lixiviação, reação álcali-agregado e reações expansivas com sulfatos, com a separação física de placas ou fatias de concreto, comprometendo o monolitismo do elemento, são algumas das formas diversas de ataques químicos que podem causar o fenômeno de desagregação do concreto. Na maioria dos casos, causa a perda da resistência de engrenamento entre os agregados e da capacidade aglomerante da pasta (SOUSA, 1998), podendo também ocorrer por ações biológicas (raízes e microrganismos), dosagem incorreta e execução deficiente do concreto diante das ações de agentes agressivos.

4.3.6 Deslocamento por empuxo

Deslocamento ocasionado pela pressão ativa exercida por um maciço não-coesivo sobre um anteparo vertical. Em muros, cortinas ou paredes de contenção de concreto é causado pelo empuxo de terra ou água. Visto isso, esses elementos devem ser projetados contendo drenos, buscando evitar o acúmulo de água no terrapleno que suporta, o que poderia aumentar o empuxo hidrostático.

4.3.7 Desvios de geometria

Excentricidade adicional das forças atuantes produzida pela perda da verticalidade e do alinhamento de elementos estruturais em relação ao seu eixo. Algumas das causas podem ser: deficiências na execução por movimentação ou incorreção de fôrmas e escoamentos ou por movimentação da estrutura, pela ação de esforços imprevistos ou não considerados corretamente no projeto (VERLY, 2015).

4.3.8 Eflorescência em superfícies de concreto

Precipitação de crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície do concreto, quando os produtos da lixiviação interagem com o CO_2 presente na atmosfera. É resultado da ação de águas puras e brandas no concreto, acarretando a hidrólise da pasta de cimento e dissolução dos

produtos de cálcio. Na teoria, a hidrólise da pasta permanece até que a maior parte do hidróxido de cálcio tenha sido retirada por lixiviação, expondo, assim, os outros constituintes cimentícios à decomposição química. Géis de sílica e alumina são produzidos, com, praticamente, nenhuma resistência, assim como consequente perda significativa da resistência da pasta de cimento por lixiviação da cal. O concreto passa a ficar mais poroso, sendo considerado similar à osteoporose do osso humano, e essa manifestação, em um espaço de tempo relativamente curto, pode levar à ruína do elemento estrutural (SOUZA, 1998).

4.3.9 Falhas de concretagem

Segundo Verly (2015), falhas de concretagem consiste na:

Deficiência na concretagem da peça, com a ocorrência de vazios e exposição de agregados, por um ou mais dos fatores: dosagem inadequada do concreto, diâmetro máximo do agregado graúdo não condizente com as dimensões da peça, lançamento e/ou adensamento inadequados, taxas excessivas e espaçamento inadequado de armaduras e perda de nata de cimento por aberturas nas fôrmas. (VERLY, 2015)

Em alguns casos, não somente os agregados ficam expostos, mas, também, as barras das armaduras dos elementos estruturais, propiciando o início do processo de corrosão.

4.3.10 Fissuração inaceitável

A abertura de fissuras deve ser controlada de modo a se garantir a proteção das armaduras à corrosão e também promover a aceitabilidade sensorial, mesmo sabendo que esse é um dano inevitável, por causa da variabilidade do concreto.

O item 13.4.2 da ABNT NBR 6118:2014 prescreve os seguintes limites para a fissuração em superfícies de elementos estruturais:

- Armaduras passivas: desde que a abertura característica das fissuras (w_k) fique entre 0,2mm e 0,4mm para as combinações frequentes, não representam importância considerável para uma possível corrosão das armaduras;
- Armaduras ativas: existe a possibilidade de corrosão sob tensão, portanto, analisar a Classe de Agressividade Ambiental é fundamental para a avaliação desses limites. Resumidamente, não

são aceitas fissuras para protensão limitada e completa, abrindo uma única exceção para casos de protensão parcial e CAA I, devendo ter abertura inferior à 0,2mm;

- Aceitabilidade sensorial: mesmo que as fissuras estejam abaixo dos limites citados anteriormente, elas não podem causar desconforto psicológico aos usuários, fato esse que, geralmente, ocorre com fissuras ativas.

4.3.11 Flechas excessivas

A ABNT NBR 6118:2014, em seu item 13.3, estabelece os limites para os deslocamentos de estruturas de concreto, fazendo distinção entre a “aceitabilidade sensorial”, para prevenir a ocorrência de sensações desagradáveis aos usuários, efeitos específicos referentes à utilização da estrutura, efeitos nos elementos não estruturais e efeitos nos elementos estruturais. A Tabela 05 apresenta uma adaptação da Tabela 13.3 da ABNT NBR 6118:2014, proposta por Verly (2015), apresentando apenas os valores aplicáveis às estruturas, deixando de fora os elementos não estruturais (paredes, forros e pontes rolantes).

Tabela 05 – Limites para deslocamentos em estruturas de concreto armado e protendido

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplos	Deslocamento a considerar	Deslocamento limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	L/200
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	L/350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	L/250
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação a hipóteses de cálculo adotadas	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado.		

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

4.3.12 Manchas

Presença de manchas escuras em superfícies de concreto, originada pela contaminação por fungos, mofo, etc., principalmente nas partes visíveis da estrutura. Nessa categoria de danos, não devem ser consideradas outras manchas de outras naturezas, como as relacionadas à corrosão e eflorescências, por exemplo.

4.3.13 Obstrução de juntas de dilatação

Juntas de dilatação são espaços vazios que permitem que parte de uma estrutura se movimente com flexibilidade e de forma independente. O uso de juntas de dilatação em estruturas de concreto armado garante que a movimentação não altere as características da estrutura e mantenha toda a sua funcionalidade e segurança. Caso exista a presença de material rígido ou material de preenchimento da junta que tenha perdido a sua elasticidade, tensões indesejáveis são produzidas na estrutura, podendo ocasionar fissuras em elementos estruturais adjacentes à junta. Além disso, os sistemas de vedação, bem como o enchimento das juntas, devem acomodar a amplitude dos seus movimentos.

4.3.14 Recalque de fundações

O recalque diferencial das fundações é oriundo do assentamento diferencial da base da construção no terreno. As causas podem ser variadas, como um projeto estrutural ou geotécnico deficiente, execução mal realizada, ensaio de sondagem inexistente ou mal elaborado, desconfinamento do terreno pela construção de edificações próximas ou ruptura dos sistemas subterrâneos de drenagem ou esgoto (BOLINA *et al.*, 2019). Os recalques distorcionais das fundações não são admissíveis estruturalmente, ocorrendo por deformações exacerbadas.

Quando os apoios de uma edificação se assentam de modo uniforme sobre o solo, não será evidenciada manifestação patológica na estrutura. Entretanto, quando um pilar, por exemplo, sofre um recalque diferencial perante os demais, as consequências sobre a estrutura são imediatas. Surgem fissuras, principalmente nas vigas contínuas do prédio, na extremidade inferior delas junto ao pilar que recalca e na superfície superior do extremo oposto da viga, junto aos pilares que não foram submetidos ao processo. Em pilares, as fissuras que se desenvolvem são aquelas produzidas por esforços de tração pura no pilar central que sofreu recalque e de flexão na compressão junto aos pilares que absorveram os esforços do(s) pilar(es) que recalca(ram) (BOLINA *et al.*, 2019).

4.3.15 Sinais de esmagamento do concreto

O esmagamento do concreto acontece, basicamente, por concentração de tensões que podem ser provocadas por um carregamento adicional, elevando, assim, os esforços de

compressão no elemento estrutural, ou por falha em um dos componentes da estrutura, em sua maioria, no aparelho de apoio (VERLY, 2015).

No caso de pilares, caracteriza-se pelo aparecimento de fissuras diagonais e/ou verticais, podendo evoluir para um intenso lascamento do concreto, junto à perda da seção e flambagem das armaduras. Com relação ao caso de falhas nos aparelhos de apoio, ocorre o contato direto entre os dois elementos, causando concentração de tensões e posterior esmagamento do concreto.

4.3.16 Umidade excessiva na infraestrutura

Essa manifestação patológica, ocorrendo em base de pilares e/ou em blocos de fundação, pelo seu potencial agravamento com o favorecimento de recalques, é considerada um dano específico. Pode ser oriunda de deficiência no escoamento de águas pluviais, vazamento em tubulações da edificação analisada ou em construções adjacentes e em vazamentos de reservatórios enterrados.

4.4 Metodologia GDE/UnB

4.4.1 Origem, evolução e definição da metodologia

Elaborada pelo Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC-UnB), a metodologia GDE permite avaliar quantitativamente o grau de deterioração de estruturas de concreto, analisando e quantificando as manifestações dos danos e suas evoluções, visando, assim, dar criticidade às peças estruturais de uma edificação e tornando viável a definição de prioridades para a realização das manutenções.

Esta metodologia surgiu a partir da dissertação de Castro (1994) para quantificar o grau de deterioração em estruturas de concreto armado convencionais e evoluiu por meio de Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007), Euqueres (2011) e Verly (2015). Durante a execução de um convênio firmado entre a Prefeitura Municipal de Porto Alegre e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Klein *et al.* (1991) inspecionaram onze Obras de Artes Especiais (OAEs) situadas na região metropolitana de Porto Alegre – RS. A metodologia utilizada visava evidenciar problemas existentes nas estruturas, sistematizar um processo de inspeção e classificar as estruturas em função da gravidade dos problemas encontrados por meio da

definição de um grau de risco. Essa metodologia se mostrou eficiente na classificação das onze obras em função da gravidade dos danos detectados (VERLY, 2015).

Por causa disso, em adição à facilidade com que os parâmetros adotados podem ser aplicados a diferentes tipos de estrutura, a metodologia serviu como base para diversos métodos de avaliação, tal como a metodologia que foi desenvolvida por Castro (1994) que tem como objetivo avaliar quantitativamente estruturas de concreto convencionais, e a aplicou em duas edificações de ocupações diferenciadas.

Mais tarde a metodologia foi sucessivamente ajustada e aplicada por Lopes (1998), em seis edificações comerciais do Banco do Brasil, por Boldo (2002), em quarenta edificações do Exército Brasileiro de diversas ocupações, por Fonseca (2007), no Instituto Central de Ciências da UnB – ICC, por Euqueres (2011) em onze pontes no estado de Goiás e por Verly (2015) em vinte e duas OAEs situadas no Distrito Federal.

Sabendo que em trabalhos de inspeção, de uma forma geral, há uma considerável limitação em se minimizar a subjetividade da análise. Observando isso, Castro (1994) elaborou e fez uso de um documento de auxílio à inspeção que contém a conceituação dos danos de maior incidência e recomendações para a escolha dos Fatores de Intensidade (F_i), denominando de “Caderno de Inspeções”. Este documento foi utilizado por Lopes (1998) e revisado por Boldo (2002), que atribuiu a ele a denominação de “Roteiro de Inspeção para Estruturas de Concreto”. Fonseca (2007) apresentou uma nova adaptação do documento, trazendo a sugestão de alterações nas fórmulas de cálculo do Grau de deterioração da Família (G_{df}) e do Grau do Dano (D), além de uma readequação dos danos mais frequentes.

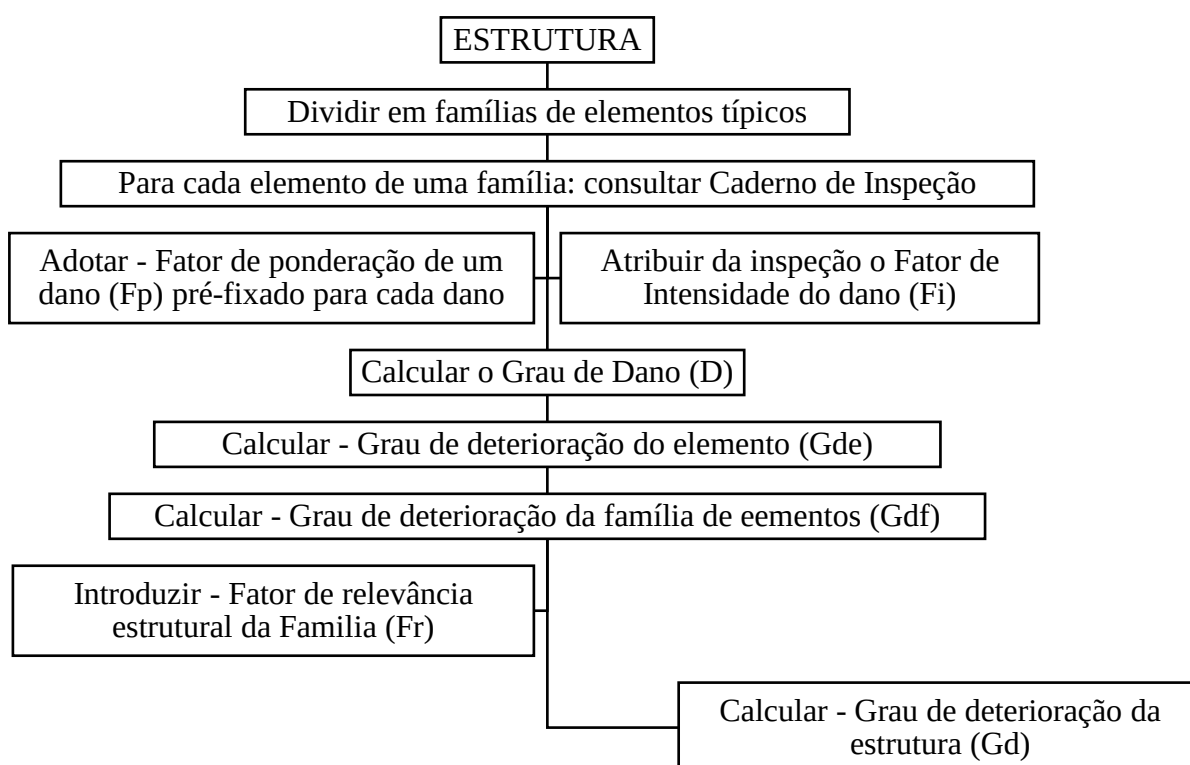
Dando prosseguimento ao realizado pelos seus antecessores, Euqueres (2011) adaptou o documento de referência para as inspeções com base no utilizado por Fonseca (2007), entretanto, com algumas adequações por causa das particularidades das estruturas de pontes em relação às estruturas de edificações convencionais. A este documento deu o nome de “Roteiro de Inspeções para Estruturas e Pontes de Concreto Armado”, documento esse que veio a ser utilizado por Verly (2015) fazendo as devidas alterações para as singularidades das estruturas de viadutos. Após a aplicação da metodologia, Verly (2015) propôs também algumas modificações, como a adaptação da formulação do Grau de deterioração da estrutura (G_{de}) e a criação do “Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Artes Especiais”.

As atualizações de Euqueres (2011) e Verly (2015) serviram de base para a realização do presente trabalho, visto a consideração de todos os elementos possíveis de análise e não somente os que possuem $G_{de} \geq 15$ (EUQUERES, 2011), bem como a equação sugerida por Verly (2015) para o G_d . Na UFERSA, alguns trabalhos foram realizados utilizando essa

metodologia, onde Santos (2017) analisou a estrutura de sustentação da laje do elevador do terminal salineiro de Areia Branca, Sombra (2017) o prédio central comparando adaptações, Oliveira (2018) a Ponte da Ilhota em Russas-CE e Melo (2019) fez uso do Matlab para otimização da avaliação, todos atestando a viabilidade e aplicabilidade da metodologia na inspeção das estruturas.

O fluxograma da Figura 04 apresenta, em resumo, as etapas seguidas pela metodologia GDE/UnB.

Figura 04 – Fluxograma para aplicação da metodologia GDE/UnB



Fonte: Adaptado de Ferreira (2016)

4.4.2 Divisão em famílias de elementos típicos

Pode-se agrupar os elementos presentes na estrutura em famílias conforme suas características estruturais específicas e sua função estrutural diante do conjunto de elementos, ou seja, baseando-se em sua importância no desempenho e no comportamento da estrutura. Vale ressaltar que, a partir do momento em que esses elementos são destinados a uma família específica, todos devem ser tratados de maneira igualitária.

Um ponto interessante é que a divisão dessas famílias não é fixa, podendo ser avaliada sempre que a metodologia for aplicada, alterando e adaptando quando necessário, já que, em

sistemas estruturais distintos, elementos estruturais de mesma denominação podem ter relevâncias diferentes (VERLY, 2015).

4.4.3 Fator de ponderação do dano (F_p)

Segundo Castro (1994), o F_p tem o objetivo de quantificar a importância relativa de um dano específico no que se refere às condições gerais de segurança, funcionalidade e estética dos elementos de uma determinada família. Isso significa que uma mesma manifestação patológica pode apresentar fatores de ponderações distintos em famílias de elementos diferentes. Os valores de F_p variam de 1 a 5.

Desde a primeira versão da metodologia GDE, utiliza-se formulários que devem ser preenchidos durante a inspeção. Os Quadros 01, 02, 03, 04 e 05 apresentam os modelos de fichas de inspeção adotadas por Euqeres (2011) e Verly (2015) para, respectivamente, pilares, vigas, lajes, escadas/rampas e juntas de dilatação, únicos elementos em concreto armado presentes na estrutura escolhida.

Quadro 01 – Modelo de ficha de inspeção para pilares

Nome do Elemento →				
Local →				
Danos	F_p	F_i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3	0	0	
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Desvio de geometria	4	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falha de concretagem	3	0	0	
Fissuras	2 a 5*	0	0	
Manchas	3	0	0	
Recalque	5	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	
Umidade excessiva na infraestrutura	4	0	0	

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

Quadro 02 – Modelo de ficha de inspeção para vigas

Nome do Elemento →				
Local →				
Danos	F _p	F _i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3	0	0	
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2 a 5*	0	0	
Flechas	5	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	5	0	0	

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

Quadro 03 – Modelo de ficha de inspeção para lajes

Nome do Elemento →				
Local →				
Danos	F _p	F _i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3	0	0	
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	3	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falha de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2 a 5*	0	0	
Flechas	5	0	0	
Infiltração de água	3	0	0	
Manchas	3	0	0	

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

Quadro 04 – Modelo de ficha de inspeção para escadas/rampas

Nome do Elemento →				
Local →				
Danos	F _p	F _i	D	Croquis/Observações
Carbonatação do concreto	3	0	0	
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	0	0	
Eflorescência	2	0	0	
Falhas de concretagem	2	0	0	
Fissuras	2 a 5*	0	0	
Flechas	5	0	0	
Manchas	3	0	0	
Sinais de esmagamento	4	0	0	
Umidade	3	0	0	

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

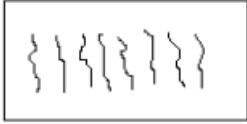
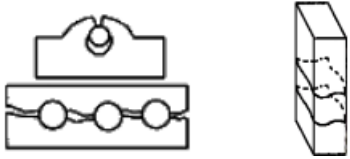
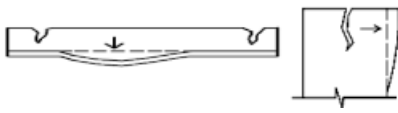
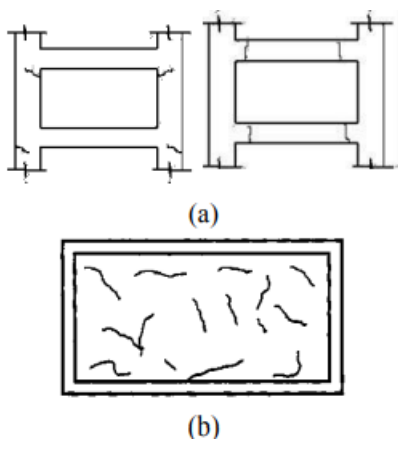
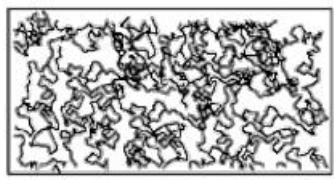
Quadro 05 – Modelo de ficha de inspeção para juntas de dilatação

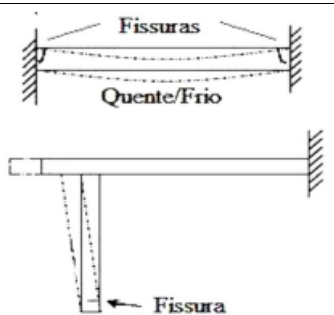
Nome do Elemento →				
Local →				
Danos	F _p	F _i	D	Croquis/Observações
Obstrução de junta	5	0	0	
Desgaste do material de preenchimento de junta	5	0	0	
Umidade	5	0	0	

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

Para esse modelo de ficha, os valores de F_p são preenchidos previamente, com exceção das fissuras, em que o valor de F_p é definido simultaneamente à inspeção de acordo com as Tabelas C.1 e C.2 do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Artes Especiais (VERLY, 2015), representadas nos Quadros 06 e 07.

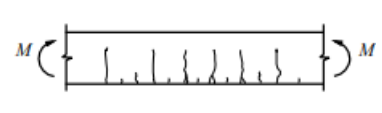
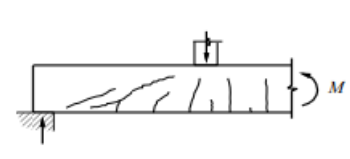
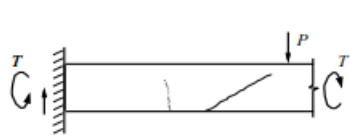
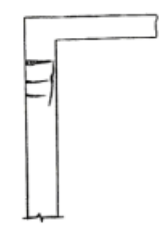
Quadro 06 – Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação (F_p) indicados (estado plástico e endurecido)

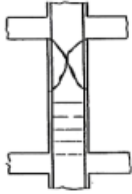
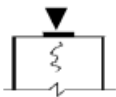
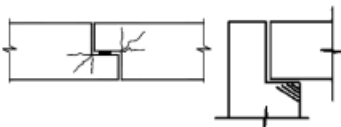
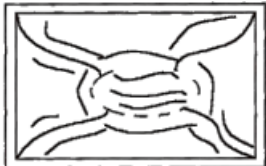
	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
ESTADO PLÁSTICO	De retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes; - aproximadamente paralelas, superficiais e afastadas entre si de 0,3 a 1 m.		2
	De assentamento do concreto	- sobre as armaduras; - em pilares, ficam abaixo dos estribos; - interação com armaduras vizinhas.		3
	De movimentação de fôrmas	- indicam posicionamento e/ou fixação incorretos ou resistência insuficiente de fôrmas/escoramentos		3
ESTADO ENDURECIDO	De retração do concreto por secagem	- fissuras em pilares e/ou vigas, por diferença grande de rigidezes (a); - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b); - indicam restrição de movimentos; - profundidade reduzida; - aberturas < 0,1 a 0,2 mm.		3
	Mapeadas	- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes; - abertura e extensão reduzidas; - superfícies de concreto com desempenho excessivo; - danos só estéticos, em geral.		2

	De 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 de Verly (2015)

Quadro 07 – Classificação de fissuras em elementos de concreto armado e fatores de ponderação (F_p) indicados (erros de projeto/execução)

	Fissuras*	Descrição	Croquis	F_p
ERROS DE PROJETO/EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS	De flexão	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto.		4
	De força cortante e flexão	- mesma inclinação nas duas faces; - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios.		4
	De flexão, cortante e torção	- inclinações diferentes nas faces laterais, com menor abertura da fissura em uma das faces.		4
	De flexotração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada e paralelas na face comprimida: podem indicar esmagamento do concreto; - mais próximas de extremidades com maior momento.		5

	De compressão	- paralelas ao eixo ou bi-diagonais no centro iminência de ruptura; - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos.		5
	De carga concentrada em área reduzida	- em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos; - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento.		3
	Em apoios do tipo Gerber (vigas e pilares)	- comuns em pontes e estruturas pré-moldadas; - indicam deficiência ao movimento em aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado.		3
	De flexão em lajes	- na face inferior, saindo dos cantos e paralelas a bordos com continuidade ou vãos maiores; - na face superior, paralelas a bordos com continuidade.		4
	De momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo surgir nas duas faces; - influenciadas por variações de temperatura e retração.		3
	De punção	- traçado circunferencial e/ou radial em torno do pilar.		5

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

4.4.4 Fator de intensidade do dano (F_i)

Distintivamente do F_p , o Fator de intensidade do dano – F_i não leva em consideração o elemento estrutural no qual o dano se encontra e varia de 0 a 4. Seu objetivo é classificar a magnitude e a evolução do dano em um elemento isolado. Nessa perspectiva, fica clara a subjetividade que essa atribuição de fatores possui, caso não haja o direcionamento correto. Entretanto, tendo ciência desse aspecto subjetivo, Castro (1994) alerta para a necessidade de uma classificação mais detalhada ao alcance do responsável técnico pela inspeção e, juntamente com Boldo (2002), Fonseca (2007) e Euqueres (2011), elabora o caderno de inspeções contendo a relação dos danos e as recomendações de F_i acompanhadas de registro fotográfico e desenhos que, apesar de não eliminarem por completo, reduzem consideravelmente as margens de erro da atribuição ideal para esse fator.

Para essa determinação, são levadas em consideração constatações realizadas por meio de uma simples observação visual, passando por testes simples, como a medição da profundidade da frente de carbonatação, e indo até a comparação de valores de deformação medidos com os valores limites recomendados por norma. A Tabela 06 apresenta estas recomendações de valores para F_i , tomando como base as características observadas no dano.

Tabela 06 – Classificação dos danos e fatores de intensidade (F_i)

Tipos de danos	Valores de F_i
Carbonatação	1 – localizada, com regiões com $\text{pH} < 9$, sem afetar as armaduras; 2 – localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco; 3 – localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido; 4 – generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
Cobrimento deficiente	1 – menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura; 2 – menor que o previsto em norma, permitindo a localização visual da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3 – deficiente, com armaduras expostas em extensões significativas.
Contaminação por cloretos	2 – elementos abrigados sem umidade; 3 – elementos no exterior sem umidade; 4 – ambientes úmidos.
Corrosão de armaduras	2 – manifestações leves, pequenas manchas; 3 – grandes manchas e/ou fissuras de corrosão;

	4 – corrosão acentuada da armadura principal, com perda relevante de seção (>20% do diâmetro).
Desagregação	2 – início de manifestação; 3 – manifestações leves, início de estofamento do concreto; 4 – por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto.
Deslocamento por empuxo	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 da seção.
Desvios de Geometria	2 – pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ ($h = altura$); 3 – pilares e cortinas com excentricidade $h/100 \leq e < h/50$; 4 – pilares e cortinas com excentricidade $e \geq h/50$.
Eflorescência	1 – início das 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 – significativa em relação às dimensões da peça; 3 – significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4 - perda relevante da seção transversal da peça (> 20% da área)
Fissuras	1 - abertura 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 - descontinuada, degradada em alguns pontos (pontos de infiltração); 4 - degradação acentuada, com perda relevante da estanqueidade.
Infiltração de água	1 – indícios de umidade; 2 – pequenas manchas;

	3 – grandes manchas; 4 – generalizada.
Manchas	2 - manchas escuras de pouca extensão, mas significativas (< 50% da área visível do elemento estrutural); 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 e paredes adjacentes; 3 - presença de material não compressível na junta; incidência significativa de fissuras paralelas às juntas nas lajes e paredes adjacentes; 4 - fissuras em lajes e paredes adjacentes às juntas, com prolongamento em vigas e/ou pilares de suporte.
Recalques	2 - indícios de recalque pelas características das trincas na alvenaria; 3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais; 4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
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 bi-diagonais, com lascamento e/ou esmagamento do concreto por cisalhamento-compressão, com perda substancial de material; exposição e início de flambagem de armaduras.

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

Como se pode observar pela Tabela 06, os valores de F_i crescem de acordo com a gravidade do dano.

4.4.5 Grau de dano (D)

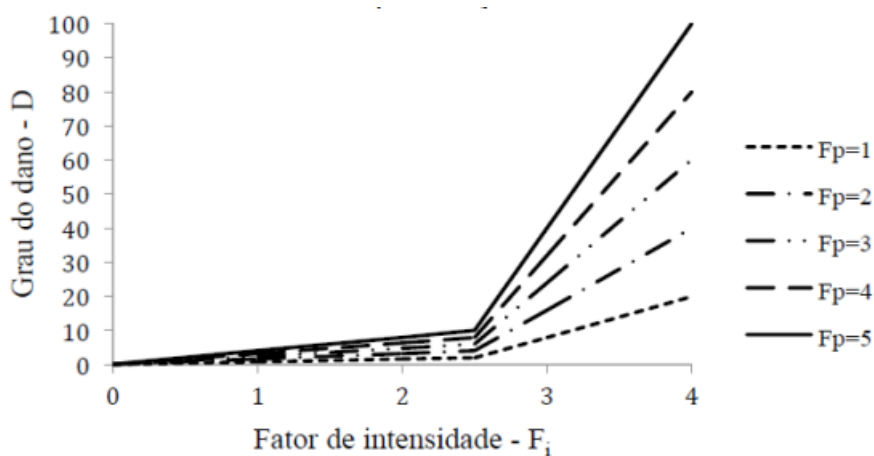
As equações do cálculo do Grau de dano (D) foram definidas por Castro (1994) a partir de uma analogia ao modelo proposto por Tuutti (1982). Esse modelo foi criado para retratar a evolução da deterioração do concreto ao longo do tempo, originalmente baseado no processo de corrosão de estruturas. Porém, esse método também pode representar a deterioração de uma forma geral, visto que consegue descrever como o processo degradante pode progredir no interior de uma estrutura de concreto, independentemente de qual seja a manifestação patológica. Esse modelo define:

- Período de iniciação: período de tempo em que nenhum dano se apresenta, mesmo com processo de deterioração ativo;
- Período de propagação: período em que os danos estão se desenvolvendo e se propagando no interior da estrutura;
- Vida útil: período no qual a estrutura cumpre os requisitos técnicos especificados.

Por meio dessas definições, percebe-se que o tempo é uma das variáveis necessárias para a aplicação do modelo. Todavia, em muitas das estruturas existentes sua idade é desconhecida ou conhecida de forma aproximada, fazendo com que Castro (1994) utilizasse o valor do fator de intensidade F_i como variável do grau de dano (D).

O gráfico da Figura 05 apresenta o momento em que ocorre a divisão entre os períodos de iniciação e propagação da deterioração. Esse momento está presente no ponto de inflexão. Neste gráfico, o Grau de Dano (D) é uma função de F_p , que varia de 1 a 5 e de F_i , que varia de 0 a 4.

Figura 05 – Grau do Dano (D) em função dos fatores de intensidade de ponderação



Fonte: Ferreira (2016)

Portando, o valor de D é determinado por meio das Equações 04 e 05, dependentes das seguintes especificações:

- Para $F_i < 3,0$:

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p \quad (04)$$

- Para $F_i \geq 3,0$:

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p \quad (05)$$

4.4.6 Grau de deterioração do elemento (G_{de})

Após obter os graus isolados de cada dano, dá-se início à análise dos efeitos de todos os danos no elemento. Lopes (1998) propôs a Equação 06 para o cálculo do Grau de deterioração do elemento (G_{de}), determinando que o efeito do maior dano encontrado no elemento deve ser somado aos efeitos das demais manifestações.

$$G_{de} = D_{máx} \cdot \left[1 + \frac{(\sum_{i=1}^n D_i) - D_{máx}}{(\sum_{i=1}^n D_i)} \right] \quad (06)$$

Onde:

G_{de} – Grau de deterioração do elemento;

D_i – Grau de dano de índice “i”;

$D_{máx}$ – Maior grau de dano encontrado no elemento;

n – Número de dados encontrados no elemento.

Para cada valor de G_{de} , são feitas recomendações para os cinco possíveis níveis de deterioração, de acordo com Verly, 2015, como está expresso na Tabela 07.

Tabela 07 – Classificação dos níveis de deterioração do elemento e recomendações em função do valor do G_{de}

Nível de deterioração	G_{de}	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 de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

Por meio da Tabela 07, pode-se notar que à medida que o G_{de} aumenta, as ações recomendadas se tornam mais rigorosas, chegando à inspeção especial emergencial com intervenção imediata.

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

Neste momento, é feita a avaliação do conjunto de elementos pertencentes a uma mesma família. Para que isso seja possível, leva-se em consideração os valores de G_{de} obtidos para cada elemento pertencente à família em questão e os aplica na Equação 07.

$$G_{df} = G_{de,m\acute{a}x} \cdot \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^n G_{de,i}) - G_{de,m\acute{a}x}}{(\sum_{i=1}^n G_{de,i})}} \quad (07)$$

Onde:

G_{df} – Grau de deterioração da família;

$G_{de,m\acute{a}x}$ – Maior grau de deterioração encontrado na família de elementos;

$G_{de,i}$ – Graus de deterioração apresentados pelos elementos da família;

n – Número de dados encontrados na família.

Faz-se necessário frisar que, na formulação proposta por Castro (1994), somente são considerados no cálculo do G_{df} os valores de G_{de} iguais ou superiores a 15, o qual os denominou de “danos expressivos”. Porém, Euqueres (2011) trouxe a adaptação para OAEs, considerando todos os valores de G_{de} maiores que zero. Seu objetivo foi fazer com que todos os elementos da estrutura influenciem na avaliação global, visto que, em alguns casos, o G_{df} pode ficar na dependência de um único elemento. Sendo assim, o presente trabalho utiliza a Equação 07 levando em consideração a adaptação proposta por Euqueres (2011).

4.4.8 Fator de relevância estrutural (F_r)

Buscando determinar e especificar a importância relativa de uma família de elementos no comportamento e desempenho de uma estrutura como um todo, o Fator de relevância estrutural (F_r) depende do sistema estrutural em análise, assim como a divisão dos elementos da estrutura na primeira etapa da metodologia.

Os valores utilizados nesse trabalho serão baseados na adaptação de Fonseca (2007), visto que a edificação em questão tem rampas e juntas de dilatação com importância

considerável e nas duas últimas adaptações, feitas por Euqueres (2011) e Verly (2015), ocorre a retirada da consideração de rampas. A Tabela 08 apresenta os fatores de relevância observados.

Tabela 08 – Fatores de Relevância Estrutural (F_r)

Elemento	F_r
Elementos de composição arquitetônica	1,0
Reservatório superior	2,0
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação	3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários	4,0
Vigas e pilares principais	5,0

Fonte: Adaptado de Fonseca (2007)

4.4.9 Grau de deterioração da estrutura (G_d)

A etapa final da aplicação da metodologia GDE/UnB consiste no cálculo do Grau de deterioração da estrutura (G_d). Duas são as equações que podem ser utilizadas no cálculo do G_d . A primeira, representada pela Equação 08, consiste em uma média ponderada dos valores de G_{df} e seus respectivos F_r .

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k (F_{r,i} \cdot G_{df,i})}{\sum_{i=1}^k F_{r,i}} \quad (08)$$

Onde:

G_d – Grau de deterioração da estrutura;

k – Número de famílias da estrutura;

$F_{r,i}$ – Fator de relevância estrutural da família de ordem “i”;

$G_{df,i}$ – Grau de deterioração da família de ordem “i”.

Essa equação foi utilizada por todos os autores que antecederam Verly (2015). Porém, o autor citado trouxe uma alteração para essa equação, representada na Equação 09.

$$G_d = \frac{K_{máx}}{7,07} \cdot \sqrt{1 + \frac{(\sum_{i=1}^k K_i) - K_{máx}}{(\sum_{i=1}^k K_i)}} \quad (09)$$

Onde:

k – Número de famílias da estrutura;

K – Produto do G_{df} pelo respectivo F_r ;

$K_{\text{máx}}$ – Maior valor do produto do G_{df} pelo respectivo F_r .

O presente fará uso das duas equações citadas anteriormente, para efeito comparativo. De forma semelhante ao que foi feito na definição dos graus de deterioração de cada elemento, após a obtenção dos valores de G_d , a estrutura pode ser classificada a partir do seu nível de deterioração e suas respectivas recomendações, como ilustra a Tabela 09.

Tabela 09 – Classificação dos níveis de deterioração da estrutura e recomendações em função do valor de G_d

Nível de deterioração	G_{de}	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 de cargas, escoramento, etc.). Planejar intervenção imediata.

Fonte: Adaptado de Verly (2015)

5 METODOLOGIA DO TRABALHO

Buscando alcançar todos os objetivos desse trabalho, elaborou-se o fluxograma apresentado na Figura 06 com a metodologia a ser seguida, tendo, como base, o modelo de metodologia de Ferreira (2016).

Figura 06 – Fluxograma da metodologia aplicada para a inspeção



Fonte: Autoria própria (2022)

5.1 Seleção da edificação a ser inspecionada

5.1.1 História da Assembleia de Deus

A Assembleia de Deus chegou ao Brasil por intermédio de dois missionários suecos Gunnar Vingren e Daniel Berg, que aportaram em Belém, capital do estado do Pará, em 19 de novembro de 1910, vindo dos Estados Unidos. Inicialmente, a igreja foi fundada em 18 de junho de 1912 com o nome de Missão de Fé Apostólica, porém, foi denominada, posteriormente, Igreja Evangélica Assembleia de Deus, expandindo-se por todo o estado do Pará e por todo o país, sendo hoje a maior denominação evangélica do Brasil.

Em 1916, alguns norte-rio-grandenses que estavam no Pará retornaram à Natal e, após a realização de alguns cultos, no ano de 1918 o evangelista Adriano Nobre teve, segundo a

tradição oral, a tarefa de implantar a igreja no Rio Grande do Norte. Entretanto, oficialmente, essa primazia é dada a José Estumano de Moraes, enviado ao RN no ano de 1919 (IEADERN, 2022). No ano de 1927, por meio de Manoel Higino de Souza, a Igreja Assembleia de Deus chega à cidade de Mossoró e no ano de 1928 teve sua oficialização (BARBOSA, 2003). Atualmente a igreja possui representação em toda a zona urbana e rural da cidade, através das suas 226 congregações (171 na zona urbana e 55 na zona rural) e é composta por mais de 18 mil membros, além de realizar importantes serviços na escala social, por meio do Centro Social Heróis da Fé e o Centro Terapêutico Nova Vida.

5.1.2 Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró-RN

O crescimento da igreja na cidade de Mossoró, ao longo dos anos, exigiu um espaço físico maior onde os membros dessa igreja pudessem se reunir, principalmente nos grande conclaves. Por causa disso, no dia 30 de novembro de 2003 foi inaugurado o Templo Sede (Figura 07), situado em um terreno de aproximadamente 8 mil m² e tendo área construída próxima à 7 mil m², onde, no pavimento superior, tem a capacidade de comportar cerca de 3 mil pessoas sentadas.

Figura 07 – Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró – RN



Fonte: Ieadem (2022)

Figura 08 – Vista superior do Templo Sede via satélite



Fonte: Google Earth (2022)

Esta edificação tem grande relevância local e possui um fluxo de utilização considerável, fazendo com que a análise realizada por esse trabalho seja justificável, sabendo que os resultados obtidos tem ações recomendadas que evitam acidentes de ampla magnitude.

Figura 09 – Visão interna do Templo



Fonte: Ieadem (2022)

A Figura 10 apresenta uma visão ampla do estacionamento a ser analisado.

Figura 10 – Estacionamento do Templo Sede



Fonte: Autoria própria (2022)

5.2 Considerações e ajustes da metodologia

5.2.1 Adaptações à metodologia GDE/UnB para a referida análise

Sabendo que a metodologia se baseia, praticamente, em avaliações visuais de identificação de manifestações patológicas e de seus respectivos progressos na edificação, foram utilizadas as fichas de inspeção presentes no Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY, 2015), previamente apresentadas dos Quadros 01 a 05, com o objetivo de reduzir a subjetividade das avaliações, visto que nenhuma alteração foi feita aos dados fixos estabelecidos pelos autores. Porém, visando uma melhor logística do processo avaliativo, essas fichas foram dispostas no programa Microsoft Excel para que, por meio de planilhas automáticas, os cálculos dos valores de D , G_{de} , G_{df} e G_d fossem realizados de forma imediata e prática.

Todavia, apesar de serem utilizadas planilhas, todas foram preenchidas de acordo com as recomendações do referido manual, uma vez que ele orienta a atribuição dos fatores de ponderação (principalmente com relação às fissuras, já que são variáveis) e de intensidade. Além disso, alguns dos danos presentes nas fichas e, consequentemente, inseridos nas planilhas, não foram avaliados por esse trabalho por necessitarem inevitavelmente de ensaios, amostras

ou remoção de parte do concreto para serem notados, como carbonatação e contaminação por cloretos. Isso é devido ao fato de que, como se trata de uma edificação de cunho privado, avaliações destrutivas foram completamente descartadas, fazendo com que apenas os danos identificados visualmente fossem levados em consideração.

Uma outra observação importante se refere ao fato de não ter sido necessária a adição de novas famílias, apesar de a metodologia possibilitar. Portanto, a partir das famílias observadas, o cálculo do grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df}) foi feito utilizando a alteração proposta por Euqueres (2011), como exposto no item 4.4.7, considerando, assim, não somente os valores de G_{de} acima de 15, mas todos os elementos maiores que zero, objetivando um resultado mais amplo da influência de todos os elementos na condição final da estrutura.

5.2.2 Observações sobre guarda-corpo, cortinas, blocos de fundação e pista de rolamento

Não foi possível analisar todos os elementos estruturais presentes na edificação por causa dos seguintes motivos: muitos deles se encontravam em ambientes sem liberação de inspeção (como escritórios ou dormitórios); alguns deles eram de difícil acesso ou estavam ocultos (pilares e vigas ocultos em alvenaria); e alguns elementos não existem na estrutura analisada (como pista de rolamento). A Tabela 10 apresenta um resumo dessas observações.

Tabela 10 – Situação dos elementos estruturais não inspecionados

Elemento estrutural	Situação
Aparelhos de apoio	Inexistente
Cortinas	Inexistente
Fundações	Sem acesso
Guarda-corpo	Inexistente (não eram de concreto armado)
Pista de rolamento	Inexistente

Fonte: Autoria própria (2022)

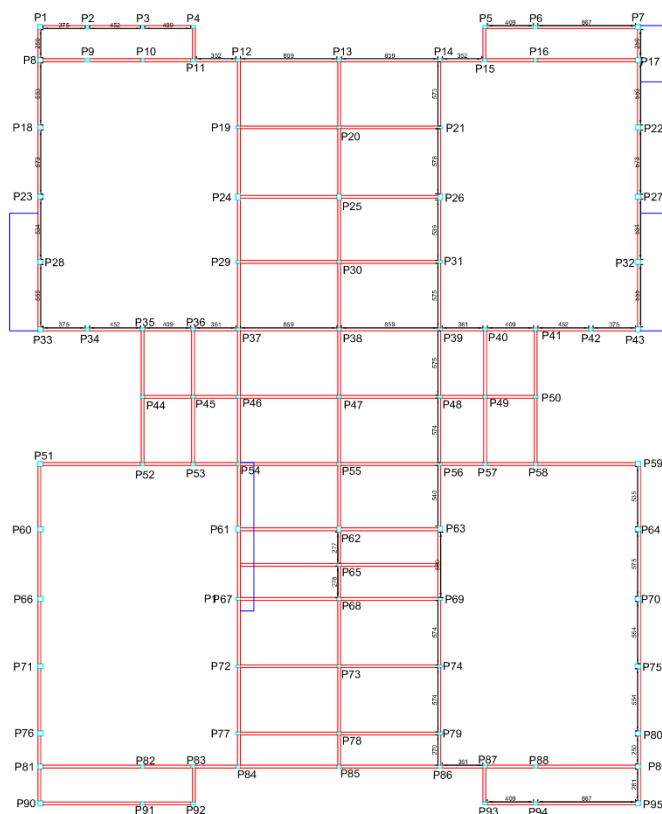
5.3 Inspeção da edificação

5.3.1 Preparativos para a inspeção

Para a realização da inspeção, alguns dados prévios precisam ser coletados ou, pelo menos, estabelecidos, como a identificação dos elementos e o agrupamento em famílias. A edificação caminha para completar 19 anos e, dessa forma, seu projeto estrutural foi elaborado sem tanta compatibilização com os softwares 2D, como o AutoCAD, e muito menos com os softwares BIM, como Eberick, TQS e REVIT, fazendo com que a única documentação recebida pela administração da igreja seja de papel e de difícil acesso.

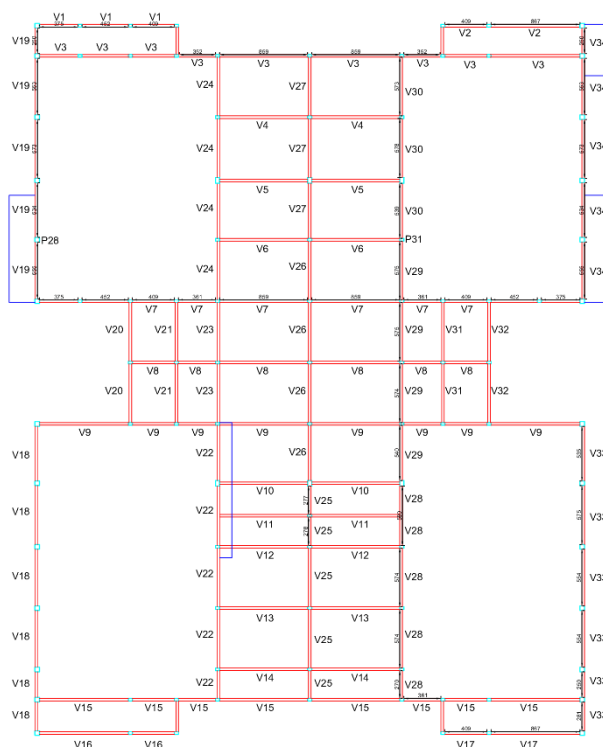
Dessa forma, toda a edificação foi medida por meio de trena laser para a elaboração do croqui dos elementos identificáveis, mesmo os não completamente visíveis (onde alguns chegaram a ser desconsiderados pela inspeção pela pouca exposição). Esses elementos foram numerados, tanto para facilitar a aplicação da metodologia, quanto para que se fosse possível ter referência geográfica para possíveis correções.

Figura 11 – Croqui da estrutura do estacionamento com todos os pilares identificáveis



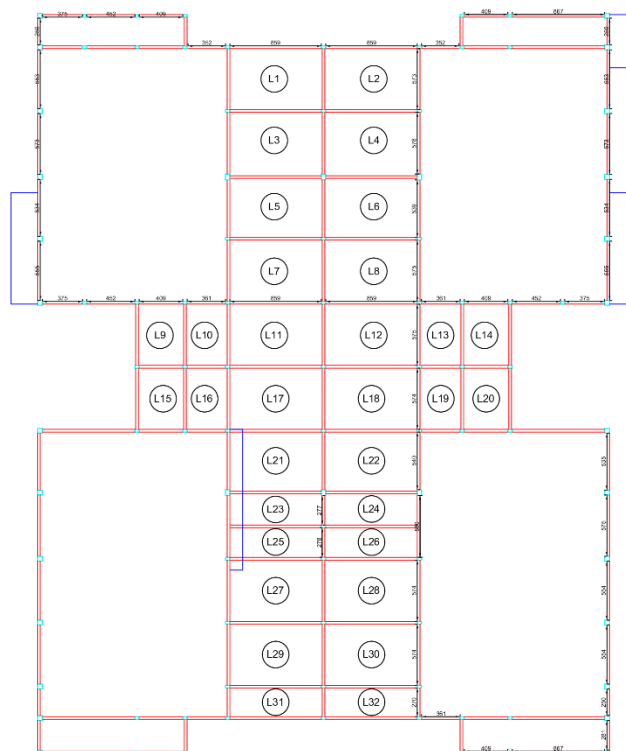
Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 12 – Croqui da estrutura do estacionamento com todas as vigas identificáveis



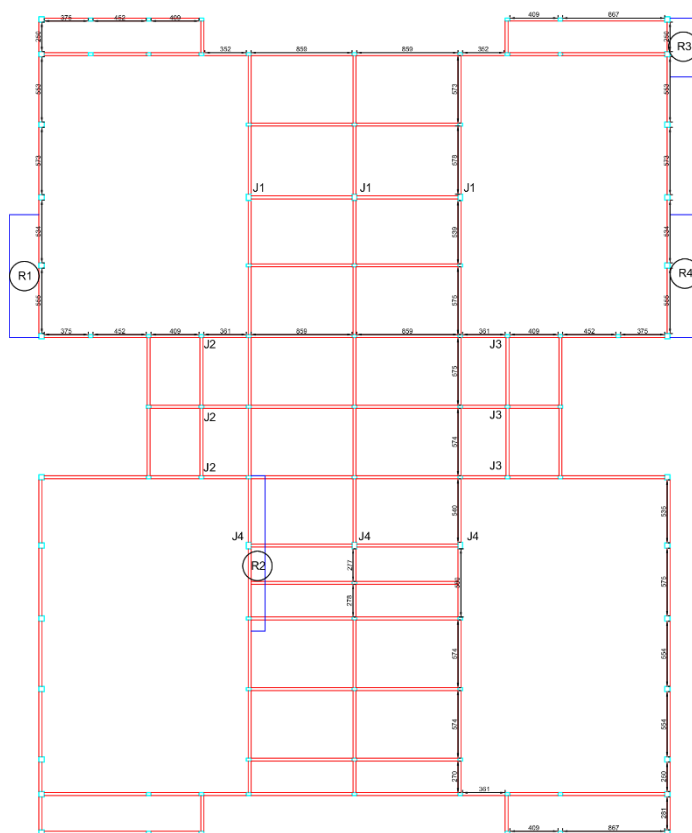
Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 13 – Croqui da estrutura do estacionamento com todas as lajes identificáveis



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 14 – Croqui da estrutura do estacionamento de todas as rampas e juntas de dilatação identificáveis



Fonte: Autoria própria (2022)

5.3.2 Procedimentos de inspeção

As análises foram feitas por meio de observações visuais e registros fotográficos da edificação para a validação das classificações dadas aos danos, como recomendam os autores da metodologia. Estas inspeções foram divididas em duas etapas, onde: a primeira consistiu na observação de todos os pilares no dia 26 de outubro de 2022 (quarta-feira), entre 07h e 10h30; e a segunda consistiu na avaliação das vigas, lajes, juntas de dilatação e rampas no dia 27 de outubro de 2022 (quinta-feira), entre 07h e 11h00. Os materiais e equipamentos utilizados foram: trena laser e tradicional; aparelho celular para registrar os danos à estrutura; caderno para representar os elementos e fazer as devidas anotações dos tipos de manifestações patológicas encontradas, bem como suas intensidades. A partir dos referidos registros, as demais etapas do fluxograma da metodologia foram feitas automaticamente, visto serem unicamente compostas por cálculo, e esses estarem organizados na planilha.

5.3.3 Análise e consistência dos dados

Fazendo uso de todo o registro fotográfico feito durante a inspeção, todos os dados da vistoria foram revisados para reafirmar a consistência das considerações, principalmente dos valores de F_i , antes que os demais cálculos fossem realizados. Esse procedimento é de suma importância para evitar que incoerências passem despercebidas. Na planilha de cálculo utilizada, foi destinado um espaço específico para a inserção das imagens de todos os elementos com grande exposição, para que, de forma prática para todos aqueles que fizerem uso dela, haja a verificação das manifestações consideradas e de seus respectivos Fatores de intensidade (F_i).

6 RESULTADOS

6.1 Situação da edificação

Em sua maioria, os elementos não apresentaram manifestações patológicas em grande quantidade, sendo, muitas delas, bastante pontuais. Entretanto, mesmo não havendo tanta diversidade de dano por elemento, alguns desses foram expressivos, fazendo com que o Grau do dano (D), bem como os demais valores dele dependentes, fossem consideráveis. As imagens apresentadas nesse tópico demonstrarão, de forma visível, o estado de alguns elementos da edificação.

A Figura 15 apresenta o pilar P7 contendo fissuras com aberturas acima do permitido por norma ($F_i = 3$), bem como manchas escuras de pouca extensão, mas significativas ($F_i = 2$).

Figura 15 – Fissuras e manchas presentes no pilar P7



Fonte: Autoria própria (2022)

Já a Figura 16 apresenta o pilar P45 contendo, além de falhas de concretagem pela fácil, apesar de sutil ($F_i = 1$), identificação dos agregados na superfície do concreto, deslocamento

considerável, devido a exposição de armadura, mesmo que sem sinais visuais de corrosão ($F_i = 3$).

Figura 16 – Falhas de concretagem e deslocamento no pilar P45



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 17 apresenta uma fissura expressiva no pilar P74 ($F_i = 3$).

Figura 17 – Fissura no pilar P74



Fonte: Autoria própria (2022)

Partindo para as vigas, a Figura 18 apresenta um deslocamento na viga V32 com lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura ($F_i = 3$), bem como corrosão da armadura com manifestação leve por ter pequenas manchas ($F_i = 2$).

Figura 18 – Desplacamento e corrosão da armadura da viga V32



Fonte: Autoria própria (2022)

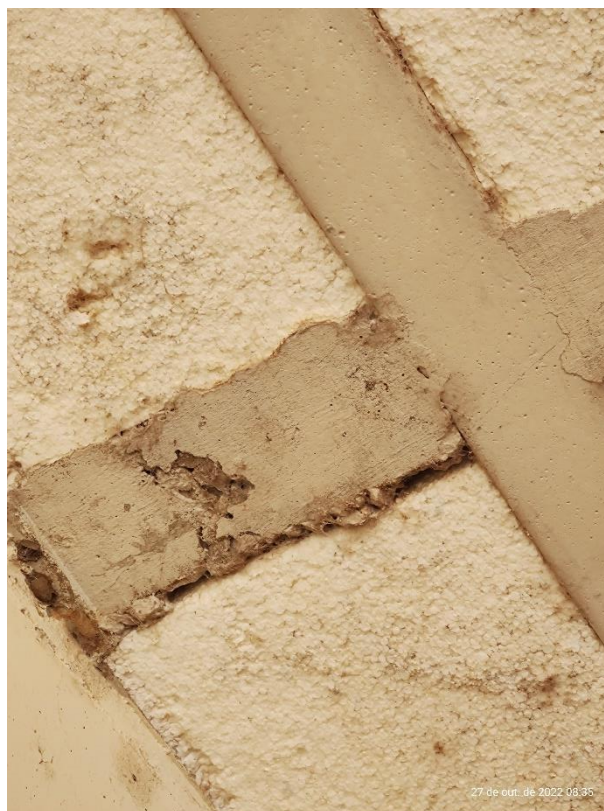
As Figura 19 e 20, por sua vez, apresentam falha de concretagem significativa em relação às dimensões da peça da laje L2 ($F_i = 2$), deslocamento com lascamento de grandes proporções, com exposição da armadura da nervura ($F_i = 3$) e manifestações leves de corrosão de armaduras com pequenas manchas ($F_i = 2$).

Figura 19 – Desplacamento e corrosão de armadura da laje L2



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 20 – Falha de concretagem na laje L2



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 21 apresenta uma falha de concretagem significativa em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura da laje L10.

Figura 21 – Falha de concretagem na laje L10



Fonte: Autoria própria (2022)

As Figuras 22 e 23 referentes à rampa R4, apresentam manchas escuras de pouca extensão, mas significativas ($F_i = 2$), eflorescência com manchas de pequenas dimensões ($F_i=2$), deslocamento com pequenas escamações do concreto ($F_i=2$) e fissuras com aberturas excessivas, porém, estabilizadas ($F_i=3$).

Figura 22 – Manchas escuras e eflorescência na rampa R4



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 23 – Fissuras e deslocamento na rampa R4



Fonte: Autoria própria (2022)

O Apêndice A contém um maior número de registros fotográficos de todas as famílias e o Apêndice B possui os Fatores de intensidade (F_i) para todos os elementos.

6.2 Análise dos Graus de deterioração dos elementos

Conforme apresentado no item 4.4.6, por meio dos Graus de dano (D) de cada manifestação patológica presente no elemento é possível determinar o Grau de deterioração do elemento (G_{de}). Todos os valores de D de todos os danos dos elementos estão apresentados nos Quadros C.1 a C.15 do Apêndice C. A partir disso, por meio dos valores de G_{de} é possível classificar os elementos determinando seu nível de deterioração e a respectiva intervenção recomendada de acordo com a Tabela 09.

Os Quadros 08, 09, 10, 11, 12 e 13 apresentam o nível de deterioração de todos os elementos presentes na estrutura do estacionamento do Templo Sede, agrupados em suas determinadas famílias. A partir desses quadros, pode-se perceber quais dos elementos são preponderantes na influência dos resultados finais. O Apêndice D traz uma demonstração de cálculo utilizando a laje 02 como exemplo, explicitando como os resultados dos quadros foram determinados.

Quadro 08 – Graus de deterioração dos pilares P1 à P57 e seus respectivos níveis de deterioração

PILAR	Gde	GRAU	PILAR	Gde	GRAU	PILAR	Gde	GRAU
P1	4,57	Baixo	P20	2,4	Baixo	P39	2,4	Baixo
P2	6	Baixo	P21	4,8	Baixo	P40	0	Baixo
P3	1,6	Baixo	P22	0	Baixo	P41	0	Baixo
P4	6,4	Baixo	P23	4,8	Baixo	P42	1,6	Baixo
P5	4	Baixo	P24	7,68	Baixo	P43	4,8	Baixo
P6	1,6	Baixo	P25	7,2	Baixo	P44	2,4	Baixo
P7	44,29	Médio	P26	3,36	Baixo	P45	26,18	Médio
P8	6	Baixo	P27	42,26	Médio	P46	4,8	Baixo
P9	0	Baixo	P28	0	Baixo	P47	6,4	Baixo
P10	0	Baixo	P29	0	Baixo	P48	7,2	Baixo
P11	0	Baixo	P30	6,4	Baixo	P49	4,8	Baixo
P12	0	Baixo	P31	2,4	Baixo	P50	7,2	Baixo
P13	2,4	Baixo	P32	0	Baixo	P51	4,8	Baixo
P14	4,8	Baixo	P33	3,2	Baixo	P52	4,8	Baixo
P15	1,6	Baixo	P34	4,8	Baixo	P53	0	Baixo
P16	5,14	Baixo	P35	6	Baixo	P54	0	Baixo
P17	2,4	Baixo	P36	0	Baixo	P55	4,8	Baixo
P18	4,8	Baixo	P37	2,4	Baixo	P56	2,4	Baixo
P19	4,8	Baixo	P38	2,4	Baixo	P57	7,2	Baixo

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro 09 – Graus de deterioração dos pilares P58 à P95 e seus respectivos níveis de deterioração

PILAR	Gde	GRAU	PILAR	Gde	GRAU
P58	6,72	Baixo	P77	2,4	Baixo
P59	6	Baixo	P78	28	Médio
P60	1,6	Baixo	P79	2,4	Baixo
P61	0	Baixo	P80	0	Baixo
P62	2,4	Baixo	P81	0	Baixo
P63	6,4	Baixo	P82	0	Baixo
P64	0	Baixo	P83	0	Baixo
P65	2,4	Baixo	P84	7,2	Baixo
P66	4,8	Baixo	P85	7,54	Baixo
P67	8	Baixo	P86	0	Baixo
P68	6,4	Baixo	P87	0	Baixo
P69	6,4	Baixo	P88	0	Baixo
P70	0	Baixo	P89	40	Médio
P71	4,8	Baixo	P90	0	Baixo
P72	0	Baixo	P91	4,8	Baixo
P73	0	Baixo	P92	6,4	Baixo
P74	16	Médio	P93	3,36	Baixo
P75	0	Baixo	P94	4	Baixo
P76	4,8	Baixo	P95	6	Baixo

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro 10 – Graus de deterioração das vigas e seus respectivos níveis de deterioração

VIGA	Gde	GRAU	VIGA	Gde	GRAU
V1	6	Baixo	V18	3,2	Baixo
V2	0	Baixo	V19	7,7	Baixo
V3	7,2	Baixo	V20	6	Baixo
V4	3,2	Baixo	V21	3,4	Baixo
V5	4,8	Baixo	V22	0	Baixo
V6	3	Baixo	V23	3,2	Baixo
V7	3,2	Baixo	V24	0	Baixo
V8	3,2	Baixo	V25	3,2	Baixo
V9	1,6	Baixo	V26	6,7	Baixo
V10	4,8	Baixo	V27	6	Baixo
V11	4,3	Baixo	V28	0	Baixo
V12	6,7	Baixo	V29	6,7	Baixo
V13	4,8	Baixo	V30	0	Baixo
V14	0	Baixo	V31	6	Baixo
V15	0	Baixo	V32	30	Médio
V16	0	Baixo	V33	3,2	Baixo
V17	0	Baixo	V34	0	Baixo

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro 11 – Graus de deterioração das lajes e seus respectivos níveis de deterioração

LAJE	Gde	GRAU	LAJE	Gde	GRAU
L1	0	Baixo	L17	0	Baixo
L2	31,64	Médio	L18	3,2	Baixo
L3	33,31	Médio	L19	0	Baixo
L4	4,8	Baixo	L20	4,8	Baixo
L5	0	Baixo	L21	0	Baixo
L6	16	Médio	L22	3,2	Baixo
L7	0	Baixo	L23	0	Baixo
L8	0	Baixo	L24	30	Médio
L9	30	Médio	L25	3,2	Baixo
L10	16	Médio	L26	0	Baixo
L11	26,82	Médio	L27	0	Baixo
L12	31,64	Médio	L28	3,2	Baixo
L13	30	Médio	L29	0	Baixo
L14	33	Médio	L30	3,2	Baixo
L15	4,8	Baixo	L31	0	Baixo
L16	0	Baixo	L32	4,8	Baixo

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro 12 - Graus de deterioração das rampas e seus respectivos níveis de deterioração

RAMPA	G_{de}	GRAU
R1	19,69	Médio
R2	0	Baixo
R3	41,14	Médio
R4	41,14	Médio

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro 13 – Graus de deterioração das juntas de dilatação e seus respectivos níveis de deterioração

JUNTA	G_{de}	GRAU
J1	8	Baixo
J2	12	Baixo
J3	0	Baixo
J4	46,67	Médio

Fonte: Autoria própria (2022)

Em sua grande maioria, os pilares, vigas e juntas de dilatação apresentaram nível de deterioração “Baixo”, ou seja, $G_{de} < 15$, contendo alguns casos pontuais de nível de deterioração “Médio” (G_{de} entre 15 e 50), que foram: os pilares P74, P78 e P89; a viga V32; e a junta J4. Quanto às lajes, houve um equilíbrio razoavelmente maior entre os níveis, com uma pequena superioridade do nível “Baixo” em relação ao nível “Médio”. Entretanto, as rampas apresentaram maioria no nível de deterioração “Médio”, tendo apenas a rampa R2 com nível “Baixo”, pelo fato de não apresentar nenhum dano.

6.3 Resultados finais

6.3.1 Adaptação de Euqueres (2011)

Como citado no item 4.4.7 do presente trabalho, Euqueres (2011) constatou a importância de se considerar todos os valores de G_{de} presentes na edificação, buscando evitar que, por vezes, o G_{df} fosse determinado apenas por um único elemento com dano considerado expressivo. Sendo assim, a Tabela 11 apresenta os cálculos finais de G_{df} , F_r e G_d , onde, para esse último, foi utilizada a Equação 08.

Tabela 11 – Resultados obtidos pela adaptação de Euqueres (2011)

FAMÍLIA	G_{df}	Fr	K
Pilares	61,18	5	305,88
Vigas	40,06	5	200,30
Lajes	45,84	4	183,36
Rampas	51,98	3	155,95
Juntas de Dilatação	53,21	2	106,42
Grau de deterioração da Estrutura (G _d)			50,10

Fonte: Autoria própria (2022)

Com base na Tabela 11, o nível de deterioração do Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró foi classificado como “Alto”, necessitando de definição de uma inspeção especializada, bem como o planejamento de uma intervenção em médio prazo (máximo de 1 ano). Este valor está no limiar de ser considerado nível “Médio”, porém, o resultado apresentado demonstra postura conservadora.

6.3.2 Proposta de Verly (2015)

Apesar de também considerar de suma importância a utilização de todos os dados de G_{de} para a determinação do G_{df}, Verly (2015) apresenta uma nova equação para o cálculo do G_d, como está expresso na Equação 09. A Tabela 12 apresenta o novo valor para G_d.

Tabela 12 – Resultados obtidos pela proposta de Verly (2015)

FAMÍLIA	G_{df}	Fr	K
Pilares	61,18	5	305,88
Vigas	40,06	5	200,30
Lajes	45,84	4	183,36
Rampas	51,98	3	155,95
Juntas de Dilatação	53,21	2	106,42
Grau de deterioração da Estrutura (G _d)			56,06

Fonte: Autoria própria (2022)

Assim como o obtido pela adaptação de Euqueres (2011), a proposta de Verly (2015) resultou no mesmo nível de deterioração para a edificação: Alto. Sendo assim, as ações recomendadas se mantêm as mesmas.

6.4 Incidência dos danos

A Tabela 13 apresenta a incidência de cada uma das patologias, bem como seu percentual em relação ao total. Durante as duas inspeções realizadas, foi possível identificar 186 manifestações patológicas.

Tabela 13 – Incidência das manifestações patológicas avaliadas no Templo Sede

Manifestações patológicas	Incidência	Percentual
Carbonatação	0	0%
Cobrimento deficiente	0	0%
Contaminação por cloretos	0	0%
Corrosão de armaduras	8	4%
Desagregação	4	2%
Desgaste do material de preenchimento de junta	2	1%
Desplacamento	58	31%
Desvio de Geometria	0	0%
Eflorescência	11	6%
Falha de concretagem	53	28%
Fissuras	38	20%
Flechas excessivas	1	1%
Manchas	7	4%
Obstrução de junta	3	2%
Recalques	0	0%
Sinais de esmagamento	0	0%
Umidade	1	1%
TOTAL	186	100%

Fonte: Autoria própria (2022)

7 CONCLUSÕES

Por meio do desenvolvimento de toda a avaliação da edificação tendo a metodologia GDE/UnB como parâmetro para definir as condições das estruturas de concreto armado do Templo Sede da Assembleia de Deus em Mossoró – RN, conclui-se que:

- A equação de cálculo do Grau de deterioração da estrutura (G_d) utilizada por Euqueres (2011) e por todos os autores que o antecederam, e a equação proposta por Verly (2015) obtiveram resultados semelhantes e ações recomendadas exatamente iguais, fazendo com que ambas sejam válidas para a realização dos cálculos da inspeção;
- O Templo Sede recebeu classificação de nível de deterioração “Alto”, ou seja, G_d entre 50 e 80, fazendo com que seja necessária a definição de uma inspeção especializada, bem como o planejamento de intervenções a médio prazo (máximo 1 ano);
- As famílias que mais influenciaram nos resultados finais foram lajes e rampas, visto que a maioria dos seus elementos obtiveram G_{de} entre 15 e 50, ou seja, nível de deterioração “Médio”. Esses fatores foram preponderantes para que, somados, chegasse ao nível “Alto” para a estrutura como um todo;
- Os danos de maior incidência sobre a edificação foram deslocamento, falhas de concretagem e fissuras, com 31%, 28% e 20%, respectivamente.

Diante das observações visuais realizadas, percebe-se que os resultados apresentados pela metodologia GDE/UnB são muito próximos ao que era previsto, demonstrando-se, assim, muito eficiente para aplicações semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos**, Rio de Janeiro, 2014, 238p.
- BARBOSA, José Roberto Alves. **75 Anos de História: Assembleia de Deus em Mossoró-RN**, Rio de Janeiro: CPAD, 2003.
- BOAS, Edna Lopes Brandão Vilas et al. **Aplicação de metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional: estudo de caso em Águas Lindas de Goiás - GO**. 60º Congresso Brasileiro de Concreto, [s. l.], Setembro 2018.
- 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. 295p.
- BOLINA, Fabrício Longhi et al. **Patologia de estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 320 p.
- CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1994. 185 p.
- EUQUERES, P. **Metodologia de inspeção de pontes de concreto armado**, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2011. 168p.
- FERREIRA, Bárbara Macêdo. **Análise quantitativa da ponte de Bragueto - DF utilizando a metodologia GDE/UnB**. 2016. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brasília - Uniceub, Brasília, 2016.
- FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2007. 213p.
- ENGENHARIA, Guia da. **Lei da Evolução dos Custos ou Lei de Sitter**. [S. l.]: João Victor, 10 jun. 2019. Disponível em: <https://www.guiadaengenharia.com/lei-custos-sitter/>. Acesso em: 7 nov. 2022.
- IEADERN, Igreja Evangélica Assembleia de Deus. **História da Assembleia de Deus**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.admossoro.com.br/quem-somos/historia/>. Acesso em: 8 nov. 2022.
- ISO 6241. **Performance Standards in building** – Principles for their preparation and factors to be considered (Normalização e Desempenho dos Edifícios. Princípios de sua preparação e fatores a serem considerados), 1984.

KLEIN, D. et al. **Crêterios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte**. XXV Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, p185–196, Novembro, 1991.

LOPES, B. A. R. **Sistema de manutenção predial para grades estoques de edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998. 308 p.

MELO, Maryane Holanda de. **Uso do software matlab para determinação do grau de deterioração de edificações pelo método GDE/UNB**. Orientador: Mayara de Freitas Medeiros de Araújo. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi- rido, [S. l.], 2019.

OLIVEIRA, Natanael Ferreira de. **Análise do estado de deterioração da ponte da ilhota utilizando a metodologia GDE/UNB e a norma DNIT 010/2004-PRO**. Orientador: Max Weden Pinto Diógenes Filho. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi- rido, [S. l.], 2018.

SANTOS, Matheus Medeiros dos. **Análise quantitativa das patologias em prédios da UFERSA utilizando a metodologia GDE/UNB**. Orientador: Palloma Borges de Moraes. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi- rido, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4906>. Acesso em: 26 nov. 2022.

SITTER, W.R. **Costs for Service Life Optimization. The “Law of Fives”**. In: CEB-RILEM Durability of Concrete Structures. Proceedings of the International Workshop held in Copenhagen, 18-20 May 1983. Copenhagen, CEB, 1984. (Workshop Reported by Steen Rostam)

SOMBRA, Lorena Maria. **Comparação das metodologias quantitativas gde para análise de patologias em estruturas de concreto armado a partir da avaliação do prédio central da UFERSA – Campus Mossoró**. Orientador: Palloma Borges de Moraes. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Rural do Semi- rido, [S. l.], 2017.

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

VERLY, R. C. **Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais**. 2015. xix, 178 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

APÊNDICE A – REGISTRO FOTOGRÁFICO

Figura A.1 – Fissuras ($F_i=1$) e deslocamento com pequenas escamações ($F_i=2$) do pilar P4



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.2 – Pilar P12 em condições excelentes



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.3 – Falha de concretagem superficial ($F_i=1$) e deslocamento com pequenas escamações do concreto no pilar P30



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.4 – Fissura com abertura excessiva estabilizada ($F_i=3$) e deslocamento ($F_i=1$) no pilar P78



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.5 – Manchas escuras de pouca extensão na viga V1



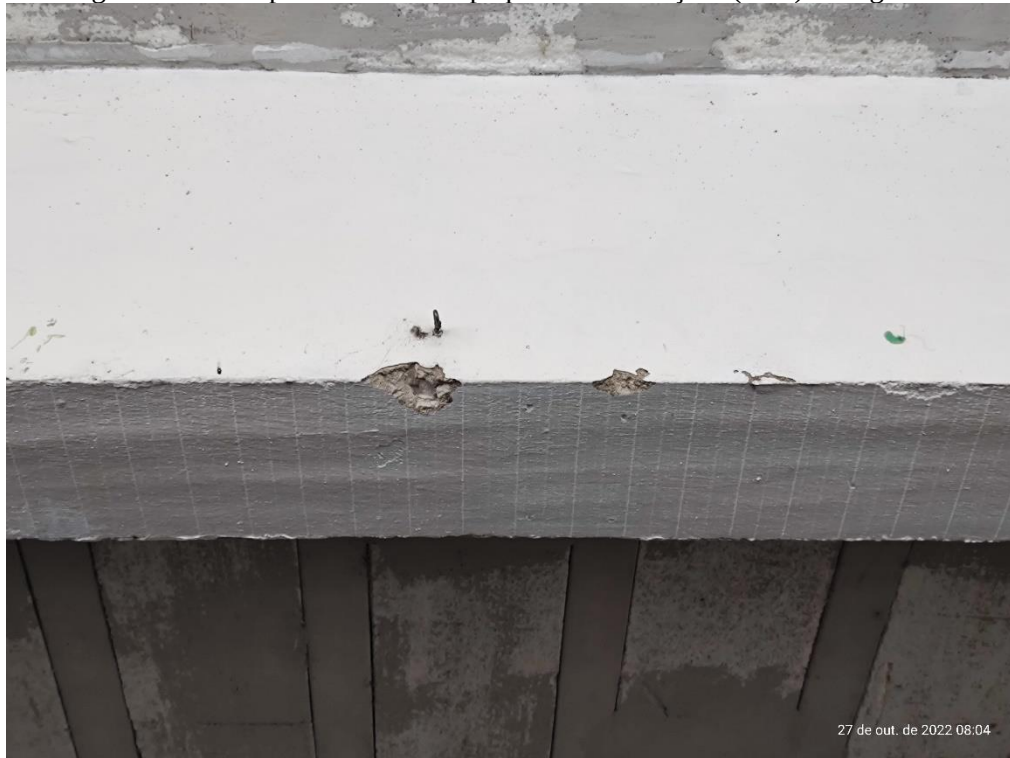
Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.6 – Falha de concretagem significativa na viga V5



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.7 – Desplacamento com pequenas escamações ($F_i=2$) na viga V13



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.8 – Desplacamento com exposição da armadura ($F_i=3$) e corrosão com pequenas manchas ($F_i=2$) na laje L3



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.9 – Falha de concretagem significativa deixando a armadura vulnerável ($F_i=3$) na laje L6



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.10 – Desplacamento com exposição ($F_i=3$) e corrosão da armadura ($F_i=2$) na laje L12



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.11 – Fissuras com aberturas excessivas estabilizadas ($F_i=3$) e manchas ($F_i=2$) na rampa R1



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.12 – Eflorescência ($F_i=2$), manchas ($F_i=2$) e deslocamento ($F_i=2$) na rampa R3



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.13 – Fissuras com aberturas excessivas estabilizadas ($F_i=3$) na rampa R3



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura A.14 – Presença de material não compressível na junta ($F_i=3$) e desgaste do material ($F_i=2$) na junta J4



Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE B – FATORES DE INTENSIDADE (Fi)

Quadro B.1 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P1 a P15

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Falha de concretagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Fissuras	2	1	1	1	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.2 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P16 a P30

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	2	2	0	2	0	2	2	2	0	0	0	0	2
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	1
Fissuras	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.3 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P31 a P45

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1
Fissuras	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.4 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P46 a P60

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	2	2	2	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Falha de concretagem	0	1	2	2	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.5 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P61 a P75

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P69	P70	P71	P72	P73	P74	P75
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.6 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P76 a P90

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83	P84	P85	P86	P87	P88	P89	P90
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	2	0	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fissuras	0	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.7 – Fatores de intensidade das patologias dos pilares P91 a P95

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)					
FAMÍLIA	ELEMENTOS				
PILARES	P91	P92	P93	P94	P95
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0
Desplacamento	2	2	0	0	2
Desvio de geometria	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	1	0	0
Falha de concretagem	0	0	0	0	0
Fissuras	0	1	1	1	1
Manchas	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.8 – Fatores de intensidade das patologias das vigas V1 a V15

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
VIGAS	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falhas de concretagem	0	0	1	2	2	2	2	2	1	0	2	2	0	0	0
Fissuras	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Flechas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.9 – Fatores de intensidade das patologias das vigas V16 a V30

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
VIGAS	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	2	0	2	0
Eflorescência	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falhas de concretagem	0	0	0	1	1	1	0	2	0	2	2	1	0	2	0
Fissuras	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flechas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.10 – Fatores de intensidade das patologias das vigas V31 a V34

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)				
FAMÍLIA	ELEMENTOS			
VIGAS	V31	V32	V33	V34
Carbonatação do concreto	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	2	0	0
Desagregação	0	0	0	0
Desplacamento	2	3	0	0
Eflorescência	0	0	2	0
Falhas de concretagem	1	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0
Flechas	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.11 – Fatores de intensidade das patologias das lajes L1 a L15

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
LAJES	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	2	2	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	3	3	2	0	0	0	0	3	0	3	3	3	3	2
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	2	2	0	0	3	0	0	0	3	2	2	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Flechas	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.12 – Fatores de intensidade das patologias das lajes L16 a L30

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
LAJES	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26	L27	L28	L29	L30
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Flechas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.13 – Fatores de intensidade das patologias das lajes L31 e L32

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)		
FAMÍLIA	ELEMENTOS	
LAJES	L31	L32
Carbonatação do concreto	0	0
Cobrimento deficiente	0	0
Contaminação por cloretos	0	0
Corrosão das armaduras	0	0
Desagregação	0	0
Desplacamento	0	2
Eflorescência	0	0
Falha de concretagem	0	0
Fissuras	0	0
Flechas	0	0
Infiltração de água	0	0
Manchas	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.14 – Fatores de intensidade das patologias das rampas

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)				
FAMÍLIA	ELEMENTOS			
RAMPAS	R1	R2	R3	R4
Carbonatação do concreto	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	2	2
Eflorescência	0	0	2	2
Falhas de concretagem	0	0	0	0
Fissuras	3	0	3	3
Flechas	0	0	0	0
Manchas	2	0	2	2
Sinais de esmagamento	0	0	0	0
Umidade	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

Quadro B.15 - Fatores de intensidade das patologias das juntas de dilatação

FATOR DE INTENSIDADE (Fi)				
FAMÍLIA	ELEMENTOS			
JUNTAS DE DILATAÇÃO	J1	J2	J3	J4
Obstrução de junta	2	2	0	3
Desgaste do material de preenchimento de junta	0	2	0	2
Umidade	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE C – GRAUS DE DANO (D)

Quadro C.1 – Graus de dano dos pilares P1 a P15

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	4,8	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6
Falha de concretagem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0	0
Fissuras	3,2	1,6	1,6	2,4	4,0	1,6	40,0	1,6	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	2,4	0	0	0	0	0	4,8	4,8	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.2 – Graus de dano dos pilares P16 a P30

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	5	5	0	5	0	4,8	4,8	4,8	0	0	0	0	4,8
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	0	0	0	2,4	0	0	0	2,4	4,8	2,4	2,4	0	0	2,4
Fissuras	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	40	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.3 – Graus de dano dos pilares P31 a P45

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P31	P32	P33	P34	P35	P36	P37	P38	P39	P40	P41	P42	P43	P44	P45
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	4,8	4,8	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0	24
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	2,4	0	0	0	0	0	2,4	2,4	2,4	0	0	0	0	2,4	2,4
Fissuras	0	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.4 – Graus de dano dos pilares P46 a P60

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P46	P47	P48	P49	P50	P51	P52	P53	P54	P55	P56	P57	P58	P59	P60
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	4,8	4,8	4,8	0	4,8	4,8	4,8	0	0	0	0	4,8	4,8	4,8	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	1,6	0	0
Falha de concretagem	0	2,4	4,8	4,8	4,8	0	0	0	0	4,8	2,4	0	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	1,6	1,6
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.5 – Graus de dano dos pilares P61 a P75

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P61	P62	P63	P64	P65	P66	P67	P68	P69	P70	P71	P72	P73	P74	P75
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	0	0	4,8	0	4,8	4,8	0	5	0	0	0	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	2,4	2,4	0	2,4	0	0	2,4	2,4	0	0	0	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	16	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.6 – Graus de dano dos pilares P76 a P90

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
PILARES	P76	P77	P78	P79	P80	P81	P82	P83	P84	P85	P86	P87	P88	P89	P90
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	4,8	0	4,8	0	0	0	0	0	4,8	4,8	0	0	0	0	0
Desvio de geometria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	2,4	0	2,4	0	0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0
Fissuras	0	0	24	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	40	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.7 – Graus de dano dos pilares P91 a P95

GRAU DE DANO (D)					
FAMÍLIA	ELEMENTOS				
PILARES	P91	P92	P93	P94	P95
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0
Desplacamento	4,8	4,8	0	0	4,8
Desvio de geometria	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	1,6	0	0
Falha de concretagem	0	0	0	0	0
Fissuras	0	2,4	2,4	4	1,6
Manchas	0	0	0	0	0
Recalque	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0
Umidade excessiva na infraestrutura	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.8 – Graus de dano das vigas V1 a V15

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
VIGAS	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	4,8	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falhas de concretagem	0	0	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	1,6	0	3,2	3,2	0	0	0
Fissuras	1,6	0	3,2	0	3,2	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	0
Flechas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	4,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.9 – Graus de dano das vigas V16 e V30

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
VIGAS	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	V28	V29	V30
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	0	4,8	2,4	0	0	0	0	4,8	4,8	0	4,8	0
Eflorescência	0	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falhas de concretagem	0	0	0	1,6	1,6	1,6	0	3,2	0	3,2	3,2	1,6	0	3,2	0
Fissuras	0	0	0	6,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flechas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.10 – Graus de dano das vigas V31 e V34

GRAU DE DANO (D)				
FAMÍLIA	ELEMENTOS			
VIGAS	V31	V32	V33	V34
Carbonatação do concreto	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	8	0	0
Desagregação	0	0	0	0
Desplacamento	4,8	24	0	0
Eflorescência	0	0	3,2	0
Falhas de concretagem	1,6	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0
Flechas	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0
Sinais de esmagamento	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.11 – Graus de dano das lajes L1 a L15

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
LAJES	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	8	8	0	0	0	0	0	8	0	0	8	8	8	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	24	24	4,8	0	0	0	0	24	0	24	24	24	24	4,8
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	3,2	3,2	0	0	16	0	0	0	16	3	3,2	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,4	0
Flechas	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.12 – Graus de dano das lajes L16 a L30

GRAU DE DANO (D)															
FAMÍLIA	ELEMENTOS														
LAJES	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26	L27	L28	L29	L30
Carbonatação do concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	0	0	4,8	0	0	0	24	0	0	0	0	0	0
Eflorescência	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Falha de concretagem	0	0	3,2	0	0	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Fissuras	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,2	0	0	3,2	0	3,2
Flechas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Infiltração de água	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manchas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.13 – Graus de dano das lajes L31 e L32

GRAU DE DANO (D)		
FAMÍLIA	ELEMENTOS	
LAJES	L31	L32
Carbonatação do concreto	0	0
Cobrimento deficiente	0	0
Contaminação por cloretos	0	0
Corrosão das armaduras	0	0
Desagregação	0	0
Desplacamento	0	4,8
Eflorescência	0	0
Falha de concretagem	0	0
Fissuras	0	0
Flechas	0	0
Infiltração de água	0	0
Manchas	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.14 – Graus de dano das rampas

GRAU DE DANO (D)				
FAMÍLIA	ELEMENTOS			
RAMPAS	R1	R2	R3	R4
Carbonatação do concreto	0	0	0	0
Cobrimento deficiente	0	0	0	0
Contaminação por cloretos	0	0	0	0
Corrosão das armaduras	0	0	0	0
Desagregação	0	0	0	0
Desplacamento	0	0	4,8	4,8
Eflorescência	0,0	0	3,2	3,2
Falhas de concretagem	0	0	0	0
Fissuras	16	0	32	32
Flechas	0	0	0	0
Manchas	4,8	0	4,8	4,8
Sinais de esmagamento	0	0	0	0
Umidade	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

Quadro C.15 – Graus de dano das juntas de dilatação

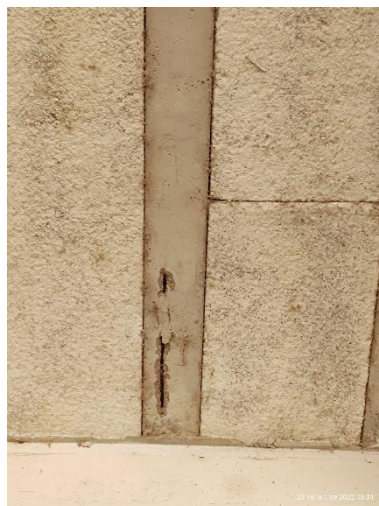
GRAU DE DANO (D)				
FAMÍLIA	ELEMENTOS			
JUNTAS DE DILATAÇÃO	J1	J2	J3	J4
Obstrução de junta	8	8	0	40
Desgaste do material de preenchimento de junta	0	8	0	8
Umidade	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE D – DEMONSTRAÇÃO DE CÁLCULO

- LAJE 02

Figura D.1 – Desplacamento na laje 02



Fonte: Autoria própria (2022)

Na Figura D.1 pode-se perceber um deslocamento com exposição da armadura. À essa intensidade de manifestação, a Tabela 06 sugere o uso de Fator de Intensidade $F_i = 3$ (e, portanto, será utilizada a equação 05 para o cálculo do Grau de Dano). De acordo com o Quadro 03, o Fator de Ponderação para essa patologia em laje é igual a 3. Sendo assim:

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p$$

$$D = (12 \cdot 3 - 28) \cdot 3$$

$$D = (36 - 28) \cdot 3$$

$$D = 8 \cdot 3 \rightarrow D = 24$$

Também na Figura D.1 pode-se observar corrosão da armadura, porém, com manifestações leves. Dessa forma, a Tabela 06 sugere $F_i = 2$ (e, portanto, nesse caso, será utilizada a equação 04 para o cálculo do Grau de Dano). Pelo Quadro 03, o F_p dessa patologia é igual a 5. Nessa perspectiva:

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p$$

$$D = 0,8 \cdot 2 \cdot 5$$

$$D = 8$$

Figura D.2 – Falha de concretagem na laje 02



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura D.2, por sua vez, apresenta um exemplo de falha de concretagem presente na laje, manifestação essa que se demonstrou significativa em relação às dimensões da peça, porém, sem exposição da armadura. Portanto, $F_i = 2$. De acordo com o Quadro 03, $F_p = 2$.

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p$$

$$D = 0,8 \cdot 2 \cdot 2$$

$$D = 3,2$$

Por esses dados, temos:

$$D_{máx} = 24$$

$$\sum_{i=1}^n D_i = 35,2$$

Aplicando esses valores na Equação 06, temos:

$$G_{de} = D_{máx} \cdot \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^n D_i - D_{máx}}{\sum_{i=1}^n D_i} \right]$$

$$G_{de} = 24 \cdot \left[1 + \frac{35,2 - 24}{35,2} \right]$$

$$G_{de} = 31,64$$

Pela Tabela 07, afirmamos que o nível de deterioração da Laje 02 é Médio, necessitando definir prazo e natureza de uma nova inspeção e planejar intervenção em longo prazo (máximo de 2 anos). Esse procedimento foi repetido para todos os demais elementos.