

**AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTES ESPECIAIS DA CIDADE DE BRASÍLIA
(LOTE 1) PELA METODOLOGIA DO GRAU DE DETERIORAÇÃO
ESTRUTURAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

MARCELO EDUARDO DA SILVA PEREIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

BRASÍLIA / DF: MAIO - 2021

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS DA CIDADE DE
BRASÍLIA (LOTE 1) PELA METODOLOGIA DO GRAU DE
DETERIORAÇÃO ESTRUTURAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

MARCELO EDUARDO DA SILVA PEREIRA

ORIENTADOR: MARCOS HONORATO DE OLIVEIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

BRASÍLIA / DF: MAIO-2021
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**AValiação de Obras de Arte Especiais da Cidade de Brasília
(Lote 1) pela Metodologia do Grau de Deterioração
Estrutural da Universidade de Brasília**

MARCELO EDUARDO DA SILVA PEREIRA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 1 SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Marcos Honorato de Oliveira, D.Sc (UnB)
(Orientador)

Paulo Chaves de Rezende Martins, D.ECP (UnB)
(Examinador interno)

Renata Soares Piazza Dal Pont, Graduada (UnB)
(Examinador externo)

BRASÍLIA/DF, 13 DE MAIO DE 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, MARCELO EDUARDO DA SILVA

Avaliação de Obras de Arte Especiais da Cidade de Brasília (Lote 1) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília [Distrito Federal] 2021.

xvi, 120 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Pontes e Viadutos

2. Concreto Armado

3. Manutenção

4. GDE/UnB

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Bacharel)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, M.E.S. (2021). Avaliação de Obras de Arte Especiais da Cidade de Brasília (Lote 1) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. Monografia de Projeto Final em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 120 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Marcelo Eduardo da Silva Pereira

TÍTULO: Avaliação de Obras de Arte Especiais da Cidade de Brasília (Lote 1) pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2021

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Marcelo Eduardo da Silva Pereira

Águas Claras, rua 25 Sul, edifício Le Ciel, Apartamento 1205

71927-180 – Brasília/DF – Brasil

e-mail: marcelo.eduardo233@gmail.com Telefone: (61) 99246-6967

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família pelo apoio dado no trabalho e em todos os momentos da minha vida em que precisei. Sempre me incentivando e orientando para conseguir atingir os meus objetivos. Em especial ao meu pai, à minha irmã e ao meu primo, pelo apoio dado nas vistorias deste trabalho.

Também agradeço a todos meus amigos e as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento das ideias. Especialmente aos meus colegas de turma 102 e do estágio, que participaram diretamente nessa trajetória da graduação.

RESUMO

Viadutos e pontes em concreto armado são denominados Obras de Arte Especiais (OAEs) e são meios essenciais para garantir a continuidade das vias quando essas se deparam com obstáculos. Entretanto, essas estruturas sofrem a ação de intempéries, as quais aliadas aos descasos com as estruturas e falhas na fase de execução das obras, podem causar graves acidentes. A necessidade de acompanhamento constante e a realização de manutenções periódicas se tornam essenciais para diminuir a ocorrência de patologias e garantir o desempenho da estrutura ao longo do tempo. Inicialmente, foram identificadas duzentas e cinquenta OAEs existentes no Distrito Federal, as quais foram divididas aleatoriamente em cinco Lotes, cada qual designado a um aluno de Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UnB) para avaliação e posterior análise. O presente estudo se propõe a utilizar a metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília (GDE/UnB) para avaliar as condições das OAEs pertencentes ao Lote 1, composto por cinquenta viadutos e pontes distribuídas pelo Distrito Federal. A referida metodologia classifica o grau de deterioração estrutural dos viadutos utilizando formulações baseadas em inspeções visuais, partindo dos elementos isolados até a estrutura global. Os resultados obtidos com a metodologia foram consistentes com a realidade já que refletem a realidade vigente nas Obras de Arte Especiais avaliadas. A classificação pelo grau de deterioração estrutural viabiliza um panorama técnico para a realização de um plano de manutenção das estruturas. Por fim, foi possível avaliar 38 OAEs e os dados obtidos foram utilizados para compor o banco de dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais do Distrito Federal (SigoA-DF).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. MOTIVAÇÃO	17
1.2. JUSTIFICATIVA.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. Objetivos gerais	18
1.3.2. Objetivos específicos.....	19
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAES	20
2.1.1. MANCHAS	20
2.1.2. FALHAS DE CONCRETAGEM.....	21
2.1.3. DESAGREGAÇÃO	22
2.1.4. FISSURAS	23
2.1.5. EFLORESCÊNCIA.....	23
2.1.6. CORROSÃO DAS ARMADURAS.....	24
2.1.7. ABRASÃO DO CONCRETO.....	25
2.2. PESQUISAS EM DESTAQUE PARA O TEMA.....	26
2.2.1. KLEIN <i>et. al</i> (1991)	26
2.2.2. CASTRO (1994).....	29
2.2.3. VERLY (2015)	36
2.2.4. LAURIA (2018)	42
2.2.5. PAVONI (2019)	45

2.3. PESQUISAS RELACIONADAS AO TEMA	49
2.3.1. ANDRADE (1997)	49
2.3.2. LOPES (1998)	50
2.3.3. BOLDO (2002).....	52
2.3.4. PESSOA (2002).....	55
2.3.5. FONSECA (2007)	56
2.3.6. EUQUERES (2011).....	62
2.3.7. SANTIAGO & AZEVEDO (2012)	63
2.3.8. ROSA (2014).....	65
3. METODOLOGIA	67
3.1. ABORDAGEM DA METODOLOGIA GDE/UNB	67
3.2. VIADUTOS SELECIONADOS PARA INSPEÇÃO	69
3.3. PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO.....	72
4. RESULTADOS.....	73
4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	76
4.2. VIADUTO SOBRE A DF-003 ACESSO AO SIA - 054_794_89_03_V.....	78
4.3. VIADUTO 4 SOBRE A DF-003 ACESSO AO GUARÁ – 063_794_16_34_V	83
4.4. VIADUTO 1 - SPS (PRÓXIMO A DF-003 E AO CRUZEIRO) – 054_793_50_70_V ..	88
5. CONCLUSÃO	92
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
7. ANEXO	97
7.1. FICHAS DE INSPEÇÃO	97

7.2. 054_794_89_03_V	100
7.3. 054_794_16_34_V	107
7.4. 054_793_50_70_V	114

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2.1 - Classificação do grau de risco da estrutura (KLEIN et. al, 1991).....	29
Tabela 2.2 - Famílias, danos e fatores de ponderação (CASTRO, 1994)	31
Tabela 2.3 - Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade (CASTRO, 1994)	32
Tabela 2.4 - Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994).....	34
Tabela 2.5 - Classificação de níveis de deterioração da estrutura (CASTRO, 1994)	36
Tabela 2.6 - Fatores de intensidade por danos – Parte 1 (VERLY, 2015).....	37
Tabela 2.7 - Fatores de intensidade por danos - Parte 2 (VERLY, 2015).....	38
Tabela 2.8 - Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (VERLY, 2015)	39
Tabela 2.9 - Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB com formulação modificada do <i>Gd</i> (VERLY, 2015).....	41
Tabela 2.10 Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul (LAURIA, 2018)	45
Tabela 2.11 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte (PAVONI, 2019)	47
Tabela 2.12 - Comparativo de resultado obtidos entre SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e PAVONI (2019)	48
Tabela 2.13 - Resultados obtidos (ANDRADE, 1997)	49
Tabela 2.14 - Proposição de Fatores de Ponderação de danos (LOPES, 1998).....	51
Tabela 2.15 - Resultados apresentados para os edifícios inspecionados (LOPES, 1998)	52
Tabela 2.16 - Classificação dos níveis de deterioração de elemento (BOLDO, 2002).....	54
Tabela 2.17 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (BOLDO, 2002).....	54
Tabela 2.18 - Resultados da metodologia GDE/UnB – Catedral de Brasília (PESSOA, 2002)	55
Tabela 2.19 - Reformulação de fatores de intensidade relacionados à corrosão (FONSECA, 2007).....	56

Tabela 2.20 - Tipologia de fissuras de concreto armado - Estado Plástico (FONSECA, 2007)	57
Tabela 2.21 - Tipologia de fissuras de concreto armado - Estado Endurecido (FONSECA, 2007)	58
Tabela 2.22 - Tipologia de fissuras de concreto armado – Erros de projeto/execução ou cargas excessivas (FONSECA, 2007)	59
Tabela 2.23 - Classificação de níveis de deterioração de elemento e estrutura reformulados (FONSECA, 2007)	60
Tabela 2.24 - Resultados da metodologia GDE/UnB após alterações (FONSECA, 2007)	61
Tabela 2.25 - Classificação de níveis de deterioração adaptado para pontes (EUQUERES, 2011)	63
Tabela 2.26 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte (SANTIAGO & AZEVEDO, 2012)	65
Tabela 2.27 - Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (ROSA, 2014)	66
Tabela 3.1 - Resumo das equações Metodologia GDE/UnB	68
Tabela 4.1 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB no Lote 1	73
Tabela 4.2 - Grau de deterioração do Guarda Rodas Norte	79
Tabela 4.3 - Grau de deterioração do Pilar 5	79
Tabela 4.4 Grau de deterioração do Tabuleiro 1 - Leste	80
Tabela 4.5 - Resultados obtidos para o Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA	80
Tabela 4.6 - Grau de deterioração do Guarda Rodas Norte	84
Tabela 4.7 - Grau de deterioração do Pilar 2	84
Tabela 4.8 - Grau de deterioração do Tabuleiro 1 Leste	85
Tabela 4.9 - Resultados obtidos para o Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará	86
Tabela 4.10 - Grau de deterioração do Guarda Rodas Norte	89
Tabela 4.11 - Grau de deterioração do Pilar Leste	89
Tabela 4.12 - Grau de deterioração do Tabuleiro Oeste	90
Tabela 4.13 - Resultados obtidos para o Viaduto 1 - Sps (Próximo a Df-003 E Ao Cruzeiro).	90
Tabela 7.1 - Ficha de Inspeção – Cortina e Contenção	97

Tabela 7.2 - Ficha de Inspeção - Guarda-rodas.....	97
Tabela 7.3 - Ficha de Inspeção – Pilar e Pilar-Parede.....	98
Tabela 7.4 - Ficha de Inspeção – Tabuleiro	98
Tabela 7.5 - Ficha de Inspeção – Transversina	99
Tabela 7.6 - Ficha de Inspeção – Longarina	99
Tabela 7.7 - Ficha de Inspeção – 054_794_89_03_V	100
Tabela 7.8 - Ficha de Inspeção – 054_794_16_34_V	107
Tabela 7.9 - Ficha de Inspeção - 054_793_50_70_V.....	114

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 2.1 - Exemplo de manchas na superfície do concreto – Viaduto 4 na DF-003 acesso ao Aeroporto JK.	21
Figura 2.2 - Exemplo de falha de concretagem - Viaduto 3 sobre a DF-003 acesso ao Guará	22
Figura 2.3 - Exemplo de desagregação - Viaduto sobre Ferrovia na BR-251.....	22
Figura 2.4 - Exemplo de fissura - Viaduto 2 sobre a DF-003 acesso ao Guará.	23
Figura 2.5 - Exemplo de eflorescência - Viaduto 3 sobre a DF-003 acesso ao Guará.....	24
Figura 2.6 - Exemplo do processo de correção - Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA	25
Figura 2.7 - Exemplo de abrasão do concreto com exposição de armaduras - Viaduto 3 sobre a DF-003 acesso ao Guará.....	25
Figura 2.8 - Fluxograma da metodologia GDE/UnB (CASTRO, 1994).....	30
Figura 2.9 - Formulação do Grau de dano (CASTRO, 1994)	33
Figura 3.1 - Divisão Distrito Federal Malha 10 x 10 (Retirado do <i>Google Maps</i>)	70
Figura 3.2 - Mapa do Distrito Federal com todas as divisões das OAEs (Retirado do <i>Google Maps</i>).....	71
Figura 4.1 - Gráfico de Resultado das avaliações – Lote 1	75
Figura 4.2 - Gráfico de Resultado das avaliações – Lote 1	76
Figura 4.3 - Foto panorâmica do Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA.....	78
Figura 4.4 - Elemento Pilar 4 com corrosão de armadura e deslocamento	81
Figura 4.5 - Elemento Pilar 5 com corrosão de armadura e deslocamento	82
Figura 4.6 - Elemento Guarda Rodas Norte – Corrosão de armadura	82
Figura 4.7 - Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará	83
Figura 4.8 - Elemento Guarda Rodas Norte – Fissuras.....	87
Figura 4.9 - Tabuleiro Leste - Eflorescência.....	87
Figura 4.10 - Foto panorâmica do Viaduto 1 - SPS (Próximo a DF-003 E Ao Cruzeiro)	88
Figura 4.11 - Elemento Tabuleiro – Eflorescência	91
Figura 4.12 - Elemento Tabuleiro - Eflorescência	91

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
δ	Coeficiente de majoração;
FG	Fator de gravidade do problema;
FI	Fator de intensidade do dano;
F_i	Fator de intensidade do dano;
F_p	Fator de ponderação;
FR	Fator de relevância estrutural;
F_r	Fator de relevância estrutural;
$G_{d,mod}^*$	Grau de deterioração da estrutura modificado, considerando todos os valores de G_{de} .
$G_{d,mod}$	Grau de deterioração da estrutura modificado;
G_d^*	Grau de deterioração da estrutura, considerando todos os valores de G_{de}
$G_{df,i}$	Grau de deterioração da família de elementos de ordem i ;
G_{df}	Grau de deterioração da família de elementos;
G_{de}	Grau de deterioração do elemento;
GR	Grau de risco da estrutura;
GRF	Grau de risco da família de elementos;
GRE	Grau de risco do elemento;
D_i	Grau do dano de ordem i ;
D	Grau do dano;
$D_{máx}$	Maior grau de dano;
G_d	Grau de deterioração estrutural;
$G_{demáx}$	Maior grau de deterioração do elemento;
m	Número de danos detectados no elemento;
n	Número de elementos componente da família;

$K_{máx}$	Maior K ;
k	Número de famílias de elementos da obra;
K	Produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo F_r ;
LIM	Valor do Grau de Risco do Elemento acima do qual um elemento está comprometido;

1. INTRODUÇÃO

As pontes e os viadutos são meios essenciais para manter a continuidade das vias quando essas se deparam com obstáculos, seja para modais rodoviários ou ferroviários. Portanto, a sua existência garante um bom funcionamento dos sistemas de transporte, tanto para o simples deslocamento de pessoas quanto para o transporte de cargas. Devido às características peculiares e às proporções requeridas nos projetos de pontes e viadutos, estes são classificados como Obras de Artes Especiais – OAEs (DNIT, 2017).

As OAEs são frequentemente realizadas utilizando o concreto como material base em função da sua flexibilidade para ser moldado de diversas maneiras e formatos, conforme a necessidade do projetista. Além disso, outros fatores como a abundância dos seus elementos constituintes na natureza e o seu baixo custo de aquisição também contribuíram para proporcionar a sua maior difusão nas estruturas brasileiras.

Brasília, a capital do país, situada no Distrito Federal, é internacionalmente reconhecida pela utilização de concreto nas mais diversas variações para estruturas de edifícios, monumentos, pontes e viadutos. Entretanto, a falta de manutenção das estruturas gera um grau de deterioração cada vez mais preocupante na infraestrutura da jovem cidade.

Nos últimos anos, a preocupação com essas estruturas aumentou em função das auditorias realizadas por órgãos, como o Tribunal de Contas do Distrito Federal – TCDF (2012). Além disso, ocorreram alguns graves acidentes envolvendo as estruturas da cidade, como o desmoronamento de parte do viaduto sobre a Galeria dos Estados, no Eixo Rodoviário.

Segundo o normativo técnico, que fornece diretrizes para as estruturas em concreto, devem ser atendidos os requisitos de qualidade, classificados em capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade (ABNT NBR 6118:2014). A capacidade resistente está relacionada à segurança à ruptura da estrutura. O desempenho em serviço, à capacidade da estrutura atender às condições de utilização, durante sua vida útil. Por fim, a durabilidade está relacionada ao grau de exposição da estrutura aos fatores ambientais ao longo de sua vida útil e à boa conduta de utilização dos usuários.

As manutenções periódicas e acompanhamento são essenciais para garantir os requisitos de qualidade ao longo da vida útil, pois tornam mais baratas as correções de eventuais patologias e evitam o surgimento de novos problemas. Dessa forma, foram criados vários métodos avaliativos das condições de uma estrutura por meio das patologias. Esses métodos permitem identificar o estado de uma estrutura e possibilitam o desenvolvimento de planos de manutenção e recuperação.

A metodologia do Grau de Deterioração Estrutural (GDE), desenvolvida pela Universidade de Brasília (UnB), usa equações para a análise e permite a avaliação, separadamente, de cada elemento da estrutura. A metodologia ainda permite a determinação de prazos para as próximas intervenções de manutenção, fator essencial para garantir a qualidade das estruturas e prolongar seu tempo de vida útil.

Este trabalho aborda a aplicação da metodologia GDE/UnB, que foi utilizada conforme as principais modificações para adequar à sua aplicação nas OAEs do Distrito Federal. Inicialmente, foram identificadas duzentas e cinquenta OAEs existentes na região, que foram divididas aleatoriamente para compor cinco lotes com cinquenta OAEs cada. Cada um dos lotes foi designado para a análise de um aluno de Engenharia Civil na Universidade de Brasília e neste trabalho serão abordados os resultados e análises referentes ao Lote 1.

1.1. MOTIVAÇÃO

Brasília, inaugurada como a capital do Brasil no ano 1960, é uma cidade jovem que se distingue pela sua arquitetura e seu urbanismo. Foi reconhecida pela UNESCO, com apenas 27 anos, como Patrimônio Cultural da Humanidade, sendo a primeira construída após o século XIX. Esse reconhecimento é consequência do desenho urbanístico de Lúcio Costa, das concepções arquitetônicas de Oscar Niemeyer e dos cálculos estruturais de Joaquim Cardozo, entre outros profissionais excepcionais que fizeram parte dessa história. Apesar de toda a afeição internacional pela capital brasileira, observa-se certo descaso com a conservação e a proteção dos patrimônios da cidade.

No início do ano de 2018, a população presenciou o desabamento de um segmento dos viadutos do Eixo Rodoviário Central de Brasília. O prejuízo foi alto e houve a necessidade de desviar o trânsito, afetando significativamente o sistema de transporte da região central. A Universidade de Brasília trabalhou com o caso e concluiu que o acidente foi ocasionado por falta de manutenção.

A ocorrência de acidentes e calamidades leva a mudanças práticas para evitar novos erros provenientes de causas similares. Seguindo o trabalho de Lauria (2018) e de Pavoni (2019), que avaliaram os viadutos dos Eixos Rodoviários Sul e Norte, respectivamente, o presente trabalho propõe, junto com os de mais cinco alunos da UnB, a avaliação das OAEs do Distrito Federal. O método avaliativo escolhido tem base na metodologia proposta por Castro (1994) e atualizada nos últimos 25 anos por pesquisadores da UnB. Além disso, a metodologia também propõe datas para as futuras intervenções nas estruturas analisadas, permitindo a criação de um plano de manutenção por parte dos gestores.

1.2. JUSTIFICATIVA

As estruturas executadas em concreto armado ou protendido necessitam de manutenções periódicas, para poderem preservar o seu desempenho ao longo da sua vida útil. É preocupante a falta de medidas preventivas voltadas às estruturas de concreto armado e protendido de Brasília, principalmente as OAEs, que são patrimônio público. Portanto, neste trabalho propõe-se a criação de um banco de dados para dar início a um plano de manutenção das OAEs.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivos gerais

O objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia GDE/UnB para as OAEs distribuídas pelo Distrito Federal pertencentes ao Lote 1, analisar os resultados do grau deterioração estrutural de cada OAE e, assim, criar um banco de dados com os resultados e os registros fotográficos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar inspeções visuais em viadutos e pontes pertencentes ao Lote 1, aplicando a metodologia GDE/UnB no Lote 1;
- Determinar o grau de deterioração estrutural para cada OAE e analisar os resultados obtidos;
- Apresentar os processos da metodologia GDE/UnB para as OAEs que obtiveram o menor valor para o grau de deterioração estrutural, o maior valor e um mediano;
- Fornecer os dados obtidos nas inspeções de todas as OAEs para compor o banco de dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais do Distrito Federal (SigoA-DF).

1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em 5 capítulos, apresentados da seguinte maneira;

O Capítulo 1 tem a importância de introduzir o leitor ao tema que será abordado ao longo do trabalho.

O Capítulo 2 descreve as patologias mais comuns nas OAEs com base no que foi observado nos viadutos analisados. Em seguida, são apresentados os trabalhos de embasamento e aplicação da metodologia GDE/UnB, consistindo na revisão bibliográfica deste trabalho. Sua relevância é fundamental para situar o estudo temporalmente com o desenvolvimento, aplicação, resultados e modificações já realizadas até o momento.

O Capítulo 3 apresenta a sistemática de aplicação da metodologia GDE/UnB nos viadutos do Distrito Federal (Lote 1), tratando sobre as abordagens adotadas, o modo de separação das OAEs na equipe de trabalho, a forma de nomenclatura usada e o procedimento de inspeção em campo.

O Capítulo 4 apresenta todos os resultados obtidos com aplicação completa da metodologia GDE/UnB nos viadutos selecionados para análise da primeira etapa, além de reportar os principais danos encontrados para as OAEs de melhor, pior e média condição estrutural.

O Capítulo 5 contempla as conclusões sobre a aplicação da metodologia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM OAEs

Por meio da catalogação das manifestações patológicas é possível identificar as origens e as consequências dos sistemas de degradação das estruturas e, conseqüentemente, aplicar os métodos de análises das condições estruturais. Assim, é obtido o tempo adequado para a realização das manutenções preventivas e das intervenções necessárias.

As Obras de Arte Especiais se tornam mais sujeitas ao desenvolvimento de patologias em função de serem usadas continuamente e devido à falta de programas preventivos de manutenção (LOURENÇO, 2009). Por meio de inspeções realizadas de forma visual, é possível identificar boa parte das patologias das estruturas, refletidas em manifestações externas, e relacioná-las com as possíveis origens (VERLY, 2015).

As manifestações patológicas podem ter causas humanas e naturais, as quais são capazes de influenciar nas propriedades físicas e mecânicas dos materiais constituintes. A seguir, foram elencadas as principais manifestações patológicas para o estudo das OAEs, com o objetivo de promover o melhor entendimento e a identificação em campo. Para a representação, foram utilizadas imagens registradas durante a inspeção preliminar do Lote 1.

2.1.1. MANCHAS

As manchas são potenciais patologias que surgem em superfícies de concreto como um dos primeiros sinais de degradação da estrutura. Podem ser consequência da interação superficial do concreto com a ação de fungos, gerando um escurecimento da face ou podem surgir da ferrugem gerada pela corrosão das armaduras. A *Figura 2.1* apresenta uma exemplificação de manchas na superfície de concreto aparente.



Figura 2.1 - Exemplo de manchas na superfície do concreto – Viaduto 4 na DF-003 acesso ao Aeroporto JK.

2.1.2. FALHAS DE CONCRETAGEM

As falhas de concretagem são patologias formadas pela existência de espaços vazios no concreto endurecido. Esses vazios colocam em risco o desempenho da estrutura, pois podem alterar a resistência dos seus elementos estruturais e permitem a exposição das armaduras aos agentes agressivos do meio ambiente. As causas que levam à ocorrência dessa patologia são a consistência irregular ou dosagem equivocada do concreto, a vibração deficiente durante o lançamento e a utilização de agregados graúdos com diâmetros máximos incoerentes com as dimensões da peça. A *Figura 2.2* exemplifica falhas de concretagem observadas durante a inspeção preliminar deste trabalho.



Figura 2.2 - Exemplo de falha de concretagem - Viaduto 3 sobre a DF-003 acesso ao Guará

2.1.3. DESAGREGAÇÃO

A desagregação é a patologia gerada pelos ataques químicos dos produtos da hidratação do cimento que, gradativamente, causam a perda da capacidade aglomerante da massa de concreto. Ocorre uma diminuição da coesão entre os materiais, gerando perdas de seções da estrutura e, conseqüentemente, impactando na sua resistência e vida útil. É possível observar um caso de desagregação na *Figura 2.3*.



Figura 2.3 - Exemplo de desagregação - Viaduto sobre Ferrovia na BR-251

2.1.4. FISSURAS

As fissuras são potenciais patologias do concreto armado que podem implicar em uma série de malefícios às estruturas. Mesmo quando toleradas pelas normas técnicas, devem ser acompanhadas para não permitir a entrada de agentes agressivos até a armadura. A patologia decorrente pode variar conforme a origem, a localização e a intensidade. Sendo assim, devem ser respeitadas as limitações prescritas em norma para as aberturas, de forma a garantir o desempenho da estrutura. Também é necessário um acompanhamento do desenvolvimento de suas dimensões e das condições ambientais atuantes ao longo de sua vida útil. Na *Figura 2.4* é possível ver um caso de fissuração.



Figura 2.4 - Exemplo de fissura - Viaduto 2 sobre a DF-003 acesso ao Guará.

2.1.5. EFLORESCÊNCIA

Esta patologia ocorre por meio da interação entre os produtos da lixiviação com o gás carbônico presente no ar, promovendo a hidrólise do cimento e a dissolução dos produtos de cálcio. Os resultados dessas reações são crostas brancas de carbonato de cálcio na superfície do concreto. A eflorescência aumenta a porosidade do concreto, levando à perda de resistência do elemento estrutural. A *Figura 2.5* exemplifica um caso de formação de eflorescência.



Figura 2.5 - Exemplo de efluorescência - Viaduto 3 sobre a DF-003 acesso ao Guará.

2.1.6. CORROSÃO DAS ARMADURAS

Esta patologia é um processo químico que ocorre de forma espontânea devido à exposição da armadura a agentes agressivos, provocando a deterioração do material. O processo de corrosão ocorre por reações de óxido-redução que transformam átomos metálicos em íons livres. Os óxidos e hidróxidos de ferro resultantes das reações apresentam volume superior aos compostos originais, o que induz à formação de tensões interiores de tração elevadas, provocando a fissuração do concreto. No início da corrosão é possível observar manchas marrom-avermelhadas ou esverdeadas na superfície de concreto, podendo causar perda da seção em estágio mais avançados. A *Figura 2.6* representa o processo corrosão.



Figura 2.6 - Exemplo do processo de correção - Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA

2.1.7. ABRASÃO DO CONCRETO

A abrasão é ocasionada por partículas que se chocam com a superfície do concreto promovendo o desgaste da estrutura. Segundo Lauria (2018), este fenômeno pode ocorrer por ação de agentes, como a água, o ar ou até mesmo impactos de veículos que trafegam sobre ou sob viaduto ou ponte. Os níveis de abrasão vão desde marcas até perdas consideráveis de seção ao longo da peça. A *Figura 2.7* exemplifica a abrasão no concreto armado com exposição das armaduras.



Figura 2.7 - Exemplo de abrasão do concreto com exposição de armaduras - Viaduto 3 sobre a DF-003 acesso ao Guará

2.2. PESQUISAS EM DESTAQUE PARA O TEMA

Com o objetivo de conseguir desenvolver uma avaliação mais detalhada, tivemos várias adaptações da metodologia ao longo dos anos. Sendo assim, foram desenvolvidos métodos de avaliação quantitativos que buscam diminuir a subjetividade encontrada nas análises. Para embasamento deste trabalho, foram selecionadas pesquisas que se destacaram por terem um histórico relevante de desenvolvimento da metodologia aplicada, da sua aplicabilidade direta com o tema ou por já terem avaliado as mesmas OAEs.

2.2.1. KLEIN *et. al* (1991)

Essa metodologia tem como objetivo principal a padronização das análises para execução de vistorias em Obras de Arte Especiais em concreto armado, classificando-as em função do seu grau de risco estrutural. Utilizando-se de tal método, é possível obter parâmetros que avaliem a prioridade de intervenção e planejar cronogramas para manutenções futuras.

A metodologia começa com a inspeção visual da estrutura, identificando e registrando todas as patologias observadas. As OAEs são separadas em grupos de elementos estruturais, chamados de famílias, que possuem uma lista de patologias próprias possíveis. Segue a lista com as famílias para o caso de OAEs, conforme KLEIN *et. al* (1991):

- Instalações diversas;
- Encontros;
- Instalações pluviais;
- Pavimentos;
- Juntas de dilatação;
- Aparelhos de apoio;
- Pilares;
- Tabuleiros.

Em seguida, a metodologia conduz à atribuição de uma nota para cada uma das patologias em função da intensidade do dano apresentado durante a vistoria. O fator de intensidade de dano (FI) é o parâmetro correspondente à nota, podendo variar de 0 a 4, conforme escala definida pelo autor. Segue lista das escalas das notas:

- Elemento em perfeitas condições, sem lesões $FI = 0$
- Elemento em bom estado, lesões leves $FI = 1$

- Elementos em estado razoável, lesões toleráveis $FI = 2$
- Elemento em más condições, lesões graves $FI = 3$
- Elemento em péssimas condições, estado crítico $FI = 4$

O método desenvolvido também considera pesos diferentes para cada família, chamados de fator de relevância estrutural (FR). A metodologia Klein considera esse fator na seguinte ordem, para as famílias das OAEs: Instalações diversas < Encontros < Instalações pluviais e pavimento < Juntas de dilatação e aparelhos de apoio < Pilares, vigas e tabuleiros.

Outro parâmetro utilizado na metodologia Klein, é o fator de gravidade do problema (FG). É dado por uma nota que varia entre 0 e 10, revelando o nível de comprometimento estrutural causado pelo dano ocorrido em apenas um elemento. Por fim, utilizando os fatores definidos torna-se possível obter a expressão do cálculo da avaliação do grau de risco do elemento (GRE), a seguir:

$$GRE = \frac{\sum (FG \cdot FI)}{\sum FG} \cdot 100 \quad \text{Equação 2.1}$$

O grau de risco do elemento (GRE) é representado pelo somatório das análises dos danos coletados no mesmo elemento estrutural. Para o cálculo do grau de risco da família (GRF), temos a equação a seguir:

$$GRF = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i \cdot GRE_i}{n} \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde,

n o número de elementos componentes da família;

δ o coeficiente de majoração.

O coeficiente de majoração (δ) tem o objetivo de ressaltar o elemento em estado mais crítico na família, aumentando a sua influência no cálculo do *GRF*. Este coeficiente depende do *GRE* do elemento e, conforme estabelecido pelo autor, apresenta os seguintes limites:

$$\delta = \sqrt{\frac{[(n-m)+2]}{2}} \quad \text{para } GRE > LIM \quad \text{Equação 2.3}$$

$$\delta = 1 \quad \text{para } GRE \leq LIM \quad \text{Equação 2.4}$$

Onde,

m é o número de elementos da família com $GRE > LIM$

LIM é o valor limite do *GRE* acima do qual um elemento está comprometido.

Segue a lista com os valores limites (LIM) para elementos de Obras de Arte Especiais, com base em KLEIN *et al* (1991):

- | | | | |
|----------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| ▪ Pilares | $LIM = 100$ | ▪ Juntas de dilatação | $LIM = 210$ |
| ▪ Aparelhos de apoio | $LIM = 200$ | ▪ Tabuleiros | $LIM = 100$ |
| ▪ Encontros | $LIM = 95$ | | |

A partir dos valores obtidos com os fatores de relevância da família (FR) e o grau de risco da família (GFR) para cada família de elementos, obtém-se o cálculo do grau de risco da estrutura (GR):

$$GR = \frac{\sum_{i=1}^k (FR_i \cdot GFR_i)}{\sum_{i=1}^k FR_i} \quad \text{Equação 2.5}$$

Onde,

k é o número de famílias de elementos da obra.

KLEIN *et. al* (1991) definiu intervalos de classificação do grau de risco da estrutura a partir do valor GR , conforme *Tabela 2.1*:

Tabela 2.1 - Classificação do grau de risco da estrutura (KLEIN et. al, 1991)

Grau de Risco	GR
Baixo	0 - 100
Médio	100 - 200
Alto	200 - 300
Crítico	> 300

2.2.2. CASTRO (1994)

A metodologia de avaliação estrutural utilizada no presente projeto, o GDE/UnB, foi desenvolvida no trabalho realizado por CASTRO (1994). O objetivo principal de seu método era de sistematizar e incentivar programas de manutenção periódica, assim como descobrir a necessidade de intervenções para garantia da durabilidade prevista das estruturas. Para isso, foi utilizada a quantificação do grau de deterioração estrutural, compatível com a aplicação do GDE/UnB.

A metodologia proposta por KLEIN *et. al* (1991), foi adaptada pela autora de forma a tornar a avaliação mais ampla e aplicável a outras categorias de estruturas. Fez-se necessário adaptar alguns parâmetros e definições para ser possível quantificar a evolução dos danos ao longo da vida útil da estrutura da edificação.

A nova metodologia se baseia em inspeções periódicas com o preenchimento de cadernos de inspeção, de modo a verificar o desempenho dos elementos estruturais, conforme o fluxograma apresentado na *Figura 2.8*.

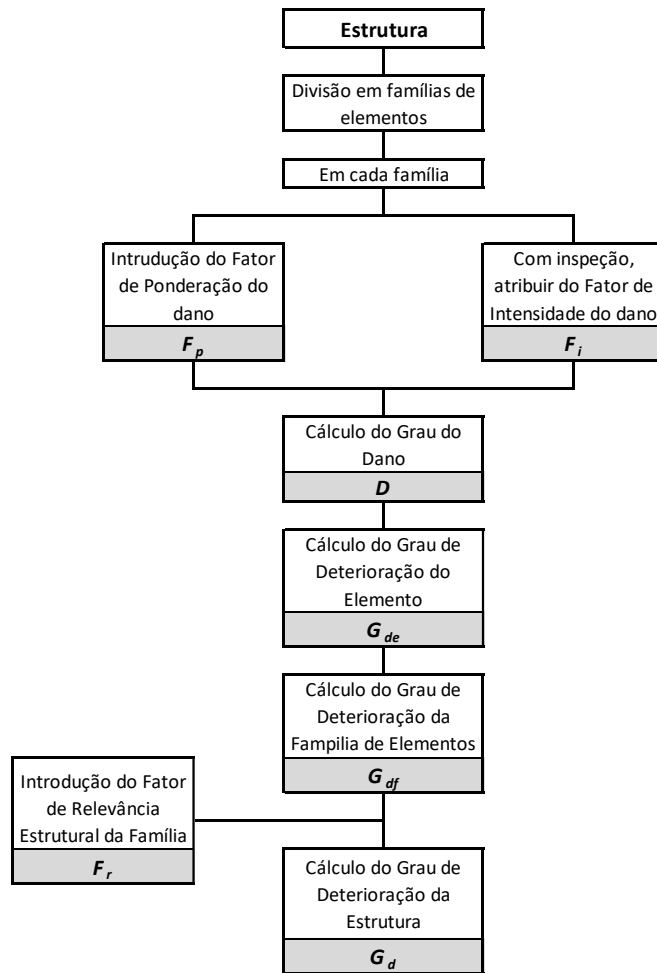


Figura 2.8 - Fluxograma da metodologia GDE/UnB (CASTRO, 1994)

As edificações analisadas podem ser divididas utilizando as características dos elementos estruturais e formando grupos chamados de famílias. Para edificações convencionais de concreto armado, CASTRO (1994) define as seguintes famílias:

- Pilares;
- Vigas;
- Lajes;
- Cortinas;
- Escadas e rampas;
- Reservatório superior e inferior;
- Blocos;
- Juntas de dilatação;
- Elementos de composição arquitetônica.

Vale ressaltar que o método permite adição de novas famílias ou edição destas, para ser possível contemplar as particularidades da estrutura analisada ou em função do interesse da avaliação estrutural.

Para cada família de elementos foram listadas as possíveis patologias, acompanhadas de um valor de Fator de Ponderação do Dano (F_p) que varia de 1 a 10. Esse fator tem a finalidade de quantificar a relevância de uma determinada patologia, em função de suas particularidades, como a estética, a funcionalidade e a segurança. Logo, as mesmas manifestações podem ter fatores de ponderação diferentes em função das características da família de origem. A Tabela 2.2 representa as famílias, os danos e seus respectivos fatores de ponderação.

Tabela 2.2 - Famílias, danos e fatores de ponderação (CASTRO, 1994)

PILARES		CORTINAS		RESERVATÓRIOS	
Danos	F_p	Danos	F_p	Danos	F_p
Desvio de geometria	8	Sinais de esmagamento	10	Impermeabilização danificada	8
Recalque	10	Desvio de geometria	6	Vazamento	10
Infiltração na base	6	Infiltração	6	Segregação	5
Segregação	6	Segregação	5	Lixiviação	7
Lixiviação	5	Lixiviação	5	Esfoliação	10
Esfoliação	8	Esfoliação	8	Desagregação	7
Desagregação	7	Desagregação	7	Cobrimento deficiente	7
Sinais de esmagamento	10	Deslocamento por empuxo	10	Manchas de corrosão	9
Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6	Fissuras	10
Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7	Carbonatação	7
Fissuras	10	Fissuras	10	Presença de cloretos	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7		
Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10		
Manchas	5	Manchas	5		

VIGAS		ESCADAS/RAMPAS		LAJES	
Danos	F_p	Danos	F_p	Danos	F_p
Segregação	4	Segregação	4	Segregação	5
Lixiviação	5	Lixiviação	5	Lixiviação	3
Esfoliação	8	Esfoliação	8	Esfoliação	8
Desagregação	7	Desagregação	7	Desagregação	7
Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6	Cobrimento deficiente	6
Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7	Manchas de corrosão	7
Flechas	10	Flechas	10	Flechas	10
Fissuras	10	Fissuras	10	Fissuras	10
Carbonatação	7	Carbonatação	7	Carbonatação	7
Infiltração	6	Infiltração	6	Infiltração	6
Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10	Presença de cloretos	10
Manchas	5	Manchas	5	Manchas	5

Com base na inspeção visual, o responsável pela vistoria deve atribuir um Fator de Intensidade do Dano (F_i) para o dano avaliado. O autor define a seguinte escala de avaliação para esse fator:

- Sem lesões $F_i = 0$
- Lesões leves $F_i = 1$
- Lesões toleráveis $F_i = 2$
- Lesões graves $F_i = 3$
- Estado crítico $F_i = 4$

Com o objetivo de reduzir a subjetividade da avaliação das intensidades dos danos, Castro (1994) desenvolveu uma tabela descrevendo cada nível de dano para guiar o responsável pela vistoria, possibilitando uma análise mais pragmática. Como exemplo, temos a *Tabela 2.3*.

Tabela 2.3 - Exemplo de classificação de danos nos fatores de intensidade (CASTRO, 1994)

Tipos de danos	Fator de intensidade do dano (F_i) - Tipos de manifestação
Segregação	1- Superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça; 2- Significante em relação às dimensões da peça; 3- Profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura; 4- Perda relevante da seção da peça.
Eflorescência	1- Início de manifestação; 2- Manchas de pequenas dimensões; 3- Manchas acentuadas, em grandes extensões.
Desagregação	2- Início de manifestação; 3- Manifestações leves; 4- Por perda acentuada de seção e esfarelamento do concreto.
Cobrimento	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 da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões; 3- Deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
Manchas de corrosão ou Corrosão da armadura	2- Manifestações leves; 3- Grandes manchas e/ou fissuras de corrosão; 4- Corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
Flechas	1- Não perceptíveis a olho nu; 2- Perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma; 3- Superiores em até 40% às previstas na norma; 4- Excessivas.
Fissuras	1- Aberturas menores do que as máximas previstas em norma; 2- Estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma; 3- Aberturas excessivas, estabilizadas; 4- Aberturas excessivas, não estabilizadas.

A próxima etapa no método, é definir o parâmetro Grau de Dano (D), um fator introduzido na metodologia para quantificar a manifestação de cada patologia, baseado no modelo de evolução da deterioração no concreto no tempo, conforme trabalho apresentado por Tuutti (1982). Este parâmetro é influenciado pelo fator de ponderação – F_p – e o fator de intensidade – F_i .

Baseando-se no modelo proposto por Tuutti (1982), a proposição da formulação do grau de dano (D) pode ser visualizada na *Figura 2.9*, que considera um fator de ponderação $F_p = 10$. O eixo das abcissas refere-se aos valores de fatores de intensidade (F_i), variando de 0 a 4 e no valor 2,5 ocorre uma inflexão, representando uma mudança de fase. Por fim, o valor máximo de $D=100$ é definido.

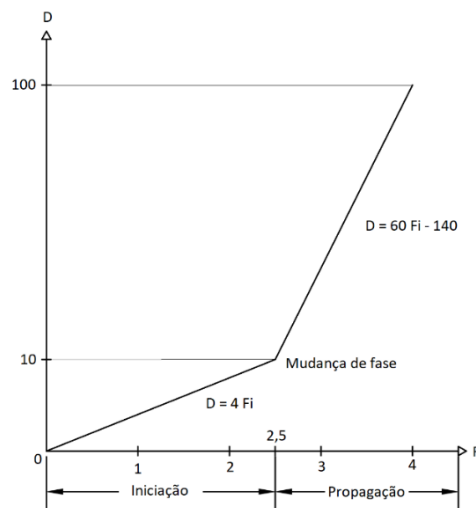


Figura 2.9 - Formulação do Grau de dano (CASTRO, 1994)

Na primeira fase do grau de dano, fase de iniciação, que parte da origem até o ponto de intersecção com a segunda reta, não deve haver sinais de comprometimento ou necessidade de intervenção imediata. A partir do ponto de mudança de fase, corresponde a região de propagação, em que os danos são propagados de maneira mais intensa, requerendo interferência mais rápida. Vale ressaltar que as intervenções realizadas nas proximidades do ponto de inflexão, permitem uma economia maior de recursos para correção do problema. Seguem as equações do valor de grau de dano a partir do gráfico.

$$D = 0,4 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2.6}$$

$$D = (6 \cdot F_i - 14) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2.7}$$

Com base no que foi exposto, torna-se possível obter o cálculo do Grau de Deterioração de um Elemento (G_{de}) para um elemento isolado, dado pela seguinte fórmula:

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \quad \text{para } m \leq 2 \quad \text{Equação 2.8}$$

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} + \frac{\sum_{i=1}^{m-1} D_i}{m-1} \quad \text{para } m > 2 \quad \text{Equação 2.9}$$

Onde,

m é o número de danos detectados no elemento;

D_i é o grau do dano de ordem (i).

O objetivo da formulação é considerar a correta interferência entre os danos dos elementos. Logo, é possível perceber que, para os elementos que apresentam até dois danos, prevalece o maior. Entretanto, quando se trata de um elemento com mais de dois danos, a influência da superposição de danos é considerada de modo que o cálculo é feito somando o maior dano com a média dos demais. Com este parâmetro calculado, Castro (1994) propõe as medidas a serem adotadas, conforme *Tabela 2.4*.

Tabela 2.4 - Classificação de Níveis de Deterioração do Elemento (CASTRO, 1994)

Nível de deterioração	G_{de}	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 50	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	50 - 80	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 80	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Seguindo a metodologia, o próximo parâmetro a ser definido é o Grau de Deterioração de uma Família (G_{df}), com base no cálculo do grau de deterioração dos elementos (G_{de}). Tal parâmetro é calculado como a média aritmética entre os graus de deterioração dos elementos componentes da família, considerando no cálculo apenas os valores de $G_{de} \geq 15$, com intuito de tornar relevante os danos geradores de maior nível de comprometimento. Para os casos em que a família apresentar somente elementos com valores de $G_{de} < 15$, o valor do parâmetro de grau de deterioração da família será $G_{df} = 0$. A Equação 2.10, a seguir, apresenta o cálculo do Grau de Deterioração da Família (G_{df}).

$$G_{df} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{de(i)}}{n} \quad \text{Equação 2.10}$$

Onde,

n é o número de elementos componentes da família com $G_{de} \geq 15$.

Para cada família é atribuído um parâmetro Fator de Relevância Estrutural (F_r), que são pesos utilizados para evidenciar a importância relativa das diferentes famílias de elementos para uma estrutura. Segue a lista de famílias de elementos e seus respectivos fatores de relevância estrutural, conforme proposto por CASTRO (1994):

- | | |
|---|-------------|
| ▪ Elementos de composição arquitetônica | $F_r = 1,0$ |
| ▪ Reservatório superior | $F_r = 2,0$ |
| ▪ Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas e lajes secundárias | $F_r = 3,0$ |
| ▪ Lajes, fundações, vigas secundárias e pilares secundários | $F_r = 4,0$ |
| ▪ Vigas e pilares principais | $F_r = 5,0$ |

Com base nos resultados do grau de deterioração da família (G_{df}) e seus respectivos fatores de relevância (F_r), é possível obter o parâmetro final de análise, o Grau de Deterioração da Estrutura (G_d), conforme a Equação 2.11 a seguir.

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}} \quad \text{Equação 2.11}$$

Sendo, k o número de famílias de elementos presentes na edificação, F_r o fator de relevância estrutural de cada família e G_{df} o grau de deterioração da família de elementos.

A partir de cada G_d calculado, Castro (1994) arbitra intervalos de classificação do nível de deterioração global da estrutura e suas respectivas propostas de intervenção. A *Tabela 2.5* a seguir apresenta as classificações propostas pelo autor.

Tabela 2.5 - Classificação de níveis de deterioração da estrutura (CASTRO, 1994)

Nível de deterioração	G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável
Médio	15 - 40	Observação periódica e necessidade de intervenção a médio prazo
Alto	40 - 60	Observação periódica minuciosa e necessidade de intervenção a curto prazo
Crítico	> 60	Necessidade de intervenção imediata para restabelecer funcionalidade e/ou segurança

Embora a tabela acima seja uma grande ferramenta de análise, deve ser entendida apenas como um resultado global da estrutura. Assim sendo, podem existir danos críticos isolados em estruturas globalmente classificadas com baixo nível de deterioração e, conseqüentemente, pode existir a necessidade de intervenções imediatas nas mesmas (CASTRO, 1994).

2.2.3. VERLY (2015)

Como objetivo de seu trabalho, o autor comparou os resultados obtidos da metodologia GDE/UnB com a metodologia do Sistema de Gerenciamento de Obras de Artes Especiais (SGO), desenvolvido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). Para isso, foram realizadas avaliações das condições estruturais de 22 OAEs na cidade de Brasília – DF. A metodologia SGO/DNIT apresenta uma escala de classificação das estruturas

com apenas cinco níveis. Por outro lado, a metodologia GDE/UnB permitiu o desempate dos resultados obtidos para as OAEs analisadas. Como o presente trabalho trata da metodologia GDE/UnB, este tópico focará nos resultados obtidos por este método.

Apenas inspeções visuais foram realizadas como método de vistoria. Portanto, não foi possível avaliar os danos por carbonatação e contaminação por cloretos, que foram retirados das fichas de avaliação na pesquisa desenvolvida. Foram utilizadas as famílias propostas por Euqueres (2011), sendo incluídas as travessas e transversinas que acompanham fator de relevância estrutural de 5 e 3, respectivamente. Para o cálculo do grau de deterioração das famílias (G_{df}), foram usados tanto os valores de grau de deterioração de elementos menores que 15, quanto os maiores que 15, obtendo dois resultados para o grau de deterioração estrutural para serem comparados.

Anexado ao trabalho de Verly (2015), são apresentadas tabelas que descrevem as características dos danos para cada fator de intensidade, auxiliando na padronização da metodologia pelos avaliadores responsáveis pela inspeção. As *Tabelas 2.6 e 2.7* apresentam tais informações.

Tabela 2.6 - Fatores de intensidade por danos – Parte 1 (VERLY, 2015)

Tipos de danos	Valores de F_i
Carbonatação	1 → localizada, com regiões com 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 de seção.

(CONTINUAÇÃO) Tabela 2.6 - Fatores de intensidade por danos – Parte 1 (VERLY, 2015)

Desvios de Geometria	2 → pilares e cortinas com excentricidade $e \leq h/100$ ($h = \text{altura}$). 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 de manifestações. 2 → manchas de pequenas dimensões. 3 → manchas acentuadas, em grandes extensões. 4 → grandes formações de crostas de carbonato de cálcio (estalactites).
Falha de concretagem	1 → superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça. 2 → 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 → aberturas menores do que as máximas previstas em norma. 2 → estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma. 3 → aberturas excessivas; estabilizadas. 4 → aberturas excessivas; não estabilizadas.

Tabela 2.7 - Fatores de intensidade por danos - Parte 2 (VERLY, 2015)

Tipos de danos	Valores do Fator de Intensidade do Dano
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.

O Roteiro de Inspeção de Pontes de Concreto Armado, atualizado por Euqueres (2011) foi intitulado como Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB em OAEs, após ser revisado por Verly (2015), e passou a ser um guia da metodologia. A *Tabela 2.8* demonstra os resultados obtidos para ambas as metodologias analisadas, sendo para a metodologia GDE/UnB atribuída uma coluna para os G_d^* , considerando todos os valores de G_{de} e outra coluna para G_d , considerando apenas os $G_{de} > 15$.

Tabela 2.8 - Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (VERLY, 2015)

Obra	DNIT (Nota Técnica)	GDE/UnB	
		G_d	G_d^*
OAE-01	3	31,24	30,12
OAE-02	3	65,88	40,02
OAE-03	3	49,24	42,43
OAE-04	3	62,70	25,64
OAE-05	3	77,58	36,20
OAE-06	3	84,53	50,23
OAE-07	3	50,87	42,34
OAE-08	3	60,00	35,18
OAE-09	3	59,38	39,18
OAE-10	3	68,68	68,74
OAE-11	2	121,25	121,25
OAE-12	2	130,03	130,23
OAE-13	2	103,25	104,99
OAE-14	3	31,90	21,61
OAE-15	3	41,23	28,02
OAE-16	2	94,96	69,44
OAE-17	2	106,49	106,59
OAE-18	3	62,14	51,42
OAE-19	3	37,02	30,89
OAE-20	3	55,85	30,58
OAE-21	4	48,44	25,28
OAE-22	4	49,39	29,49

Ao realizar a comparação dos resultados, foi possível identificar que os dois valores de G_d deram relativamente próximos, sendo o G_d^* na maioria das vezes, inferior ou igual ao G_d . Essa diferença é explicada pela diminuição da média na equação do grau de deterioração da estrutura (*Equação 2.9*), quando são considerados os valores de $G_{de} < 15$. Como solução, foram considerados G_d , os mais condizentes para as propostas de intervenções e necessidade de manutenção.

Com base nas análises de consistência dos dados coletados, notou-se que o equacionamento do grau de deterioração não era consistente. Por exemplo, considerando a situação hipotética de intervenção de manutenção em um elemento com o menor fator de relevância em determinada estrutura, não seria observado o resultado esperado de diminuição do grau de deterioração dessa estrutura. Essa inconsistência ocorre devido ao fator de ponderação ser aplicado à média ponderada. Portanto, foi proposta uma nova formulação do grau de deterioração estrutural (G_d), apresentada pela Equação 2.12.

$$G_{d,\text{mod}} = \frac{K_{\text{máx}}}{7,07} \cdot \sqrt{1 + \frac{\left(\sum_{i=1}^k K_i\right) - K_{\text{máx}}}{\sum_{i=1}^k K_i}}$$

Equação 2.12

Onde,

k é o número de famílias da estrutura;

K é o produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo F_r ;

$K_{\text{máx}}$ é o maior valor do produto do $G_{df,i}$ pelo respectivo F_r .

A *Tabela 2.9* apresenta os cálculos refeitos para as 22 OAEs com a nova formulação de G_d , equacionada por Verly (2015).

Tabela 2.9 - Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB com formulação modificada do G_d (VERLY, 2015)

Obra	DNIT (Nota Técnica)	GDE/UnB		
		$G_{d,mod}$	$G_{d,mod}^*$	G_d
OAE-01	3	29,54	29,96	31,24
OAE-02	3	64,22	64,58	65,88
OAE-03	3	57,22	58,44	49,24
OAE-04	3	32,17	34,96	62,7
OAE-05	3	54,85	59,56	77,58
OAE-06	3	59,76	62,83	84,53
OAE-07	3	46,74	47,75	50,87
OAE-08	3	33,94	37,82	60
OAE-09	3	41,98	49,29	59,38
OAE-10	3	68,62	68,70	68,68
OAE-11	2	134,32	134,32	121,25
OAE-12	2	133,07	133,34	130,03
OAE-13	2	107,45	109,76	103,25
OAE-14	3	34,08	36,29	31,9
OAE-15	3	38,53	39,88	41,23
OAE-16	2	109,35	111,44	94,96
OAE-17	2	114,99	115,03	106,49
OAE-18	3	35,15	35,73	62,14
OAE-19	3	41,49	43,97	37,02
OAE-20	3	46,33	47,63	55,85
OAE-21	4	39,94	43,45	48,44
OAE-22	4	42,83	55,74	49,93

Analisando os resultados, notou-se que a faixa de variação dos valores obtidos para os novos graus de deterioração estrutural foi entre 2,45 e 12,91. Além disso, os valores de $G_{d,mod}^*$ agora se apresentaram sempre maiores que os valores de $G_{d,mod}$, portanto a consideração dos valores de $G_{de} < 15$ na OAE não reduz mais o valor do seu grau de deterioração. Portanto, a formulação nova gera resultados mais coerentes para a consideração de todos os danos. A *Equação 2.12* permitiu a aplicação da metodologia GDE/UnB também em estruturas com baixo nível de deterioração, fazendo com que os danos com valores baixos também fossem considerados nas análises. Baseado nas concepções propostas por Verly (2015), concluiu-se que a metodologia GDE/UnB é mais eficiente na priorização de intervenções, pois engloba todas as escalas e dispersões entre valores, facilitando o processo de classificação e de tomada de decisão.

2.2.4. LAURIA (2018)

O trabalho realizado por Lauria (2018) teve como objetivo principal a inspeção e apresentação de resultados pela metodologia GDE/UnB para 24 viadutos das entrequadras que contemplam o Eixo Rodoviário Sul da cidade de Brasília – DF, sendo subdivididos entre as pistas do Eixo W, Eixo Central e Eixo L, para melhor exposição dos resultados.

A autora realizou apenas inspeções visuais. Portanto foram retiradas as avaliações dos danos por carbonatação do concreto e a contaminação por cloretos elencados nas fichas do Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB nas OAEs de Verly (2015), pois necessitavam de amostra e ensaios de laboratório específicos.

Foi proposta a adição da abrasão para as análises, por se tratar de um dano recorrente para essas categorias de OAEs. A abrasão é caracterizada pelo arrasto de um agente externo móvel contra a superfície do concreto. Esse arrasto pode ser causado pela água, ar ou até mesmo por veículos que passam pela estrutura.

Para poder caracterizar o dano na metodologia, foi necessário definir um fator de ponderação e um fator de influência para a patologia. Com base em fatores de comprometimento da estética, funcionalidade, segurança da estrutura e gravidade da manifestação, foi considerado um fator de ponderação $F_p = 3$ para a abrasão. Lauria (2018), portanto, define os fatores de intensidade para o dano de abrasão conforme a lista a seguir:

- Quebra de seção $F_i = 2$
- Quebra de seção provocando fissuras $F_i = 3$
- Quebra de seção com arrasto na superfície $F_i = 4$

Para todas as OAEs avaliadas, foram adotadas as famílias e seus respectivos fatores de relevância representados a seguir. Vale ressaltar, que a autora se baseou nas inspeções visuais e consultas aos projetos do Arquivo Público de Brasília para se obter a classificação de famílias de elementos.

- Guarda-rodas $F_r = 1$
- Pista de Rolamento $F_r = 2$
- Cortina $F_r = 3$
- Tabuleiro $F_r = 4$
- Cortina Central $F_r = 5$

Para o desenvolvimento das análises, algumas famílias tiveram seus elementos divididos em direções cardeais. Como cada par de quadra possui 3 viadutos a serem avaliados, sendo nomeados de Eixão, Eixo L e Eixo W, a família de guarda-rodas foi dividida entre os elementos guarda-rodas L, W e C. A cortina foi dividida em cortina norte L, cortina norte W, cortina sul L e cortina sul W. A cortina central foi dividida entre central norte e central sul. É válido lembrar que a cortina central tem fator de relevância maior. Por esta razão foi separada das outras. As Figuras 2.10 e 2.11 abaixo demonstram a divisão dos elementos dos viadutos do Eixo L, W e Eixão.

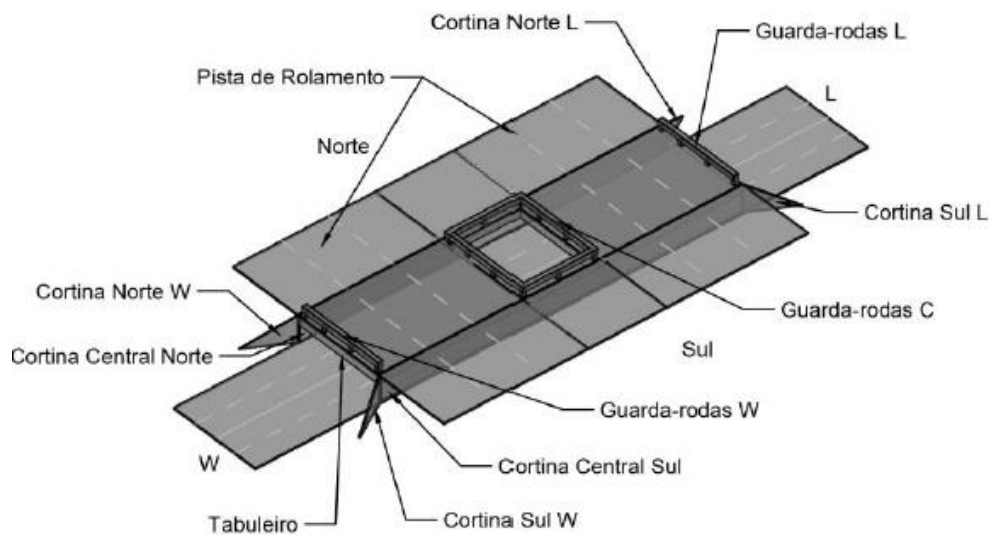


Figura 2.10 - Elementos dos viadutos dos Eixos L e W (LAURIA, 2018)

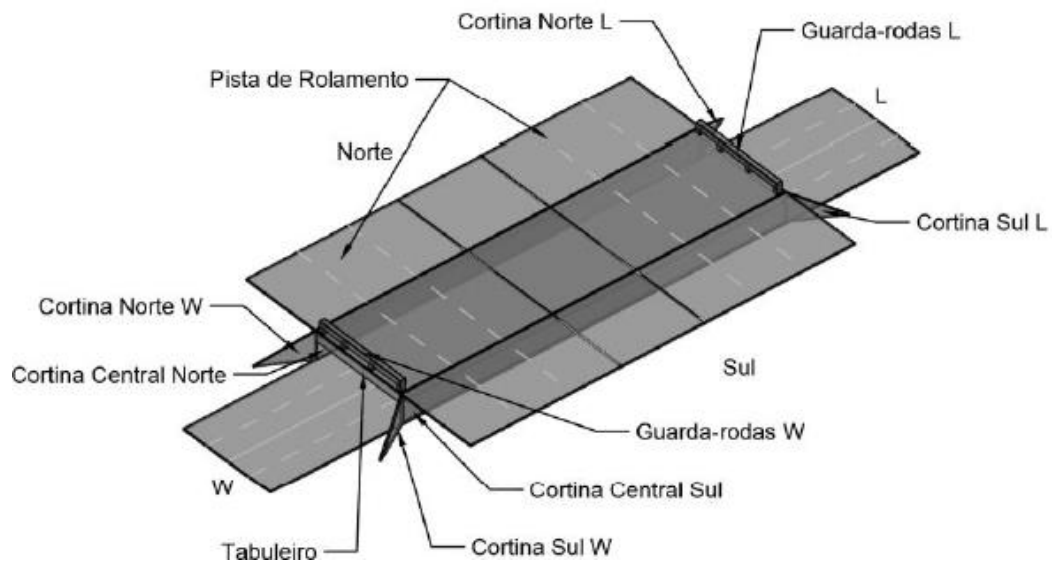


Figura 2.11 - Elementos dos viadutos do Eixão (LAURIA, 2018)

O estudo teve como base o Manual de Aplicações da Metodologia GDE/UnB a OAEs, proposto por Verly (2015), avaliando o valor de G_d para os dois casos: considerando os valores de G_{de} menores que 15 no cálculo do grau de deterioração da família G_{df} e não considerando. A Tabela 2.10 apresenta os resultados obtidos com o trabalho de inspeção para os 24 viadutos analisados por Lauria (2018).

Tabela 2.10 Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Sul
(LAURIA, 2018)

Quadra	Viaduto	G_d^*	Nível de Deterioração	G_d	Nível de Deterioração
01/02	W	43,44	Médio	44,34	Médio
	Eixão	23,17	Médio	24,08	Médio
	L	43,71	Médio	44,19	Médio
03/04	W	29,50	Médio	32,12	Médio
	Eixão	59,98	Alto	61,01	Alto
	L	69,62	Alto	70,46	Alto
05/06	W	97,65	Sofrível	97,91	Sofrível
	Eixão	27,07	Médio	27,07	Médio
	L	88,30	Sofrível	88,79	Sofrível
07/08	W	71,16	Alto	73,59	Alto
	Eixão	79,45	Alto	80,06	Sofrível
	L	79,86	Alto	82,10	Sofrível
09/10	W	47,09	Médio	47,09	Médio
	Eixão	23,87	Médio	23,87	Médio
	L	33,34	Médio	33,88	Médio
11/12	W	67,01	Alto	68,12	Alto
	Eixão	44,88	Médio	45,14	Médio
	L	27,40	Médio	31,71	Médio
13/14	W	47,27	Médio	48,05	Médio
	Eixão	28,10	Médio	31,49	Médio
	L	61,29	Alto	65,37	Alto
15/16	W	50,51	Alto	51,08	Alto
	Eixão	55,49	Alto	56,80	Alto
	L	88,52	Sofrível	89,65	Sofrível

Comparando os resultados obtidos para o G_d^* e G_d , nota-se que não houve diferenças significativas. Dessa forma, Lauria (2018) considerou o resultado que leva todos os valores de G_{de} no cálculo. Portanto, tem-se que: 21% dos viadutos foram classificados em estado sofrível, proposta recomendação de intervenção em no máximo 6 meses; 29% encontravam-se com nível de deterioração alto (intervenção em 1 ano, no máximo); 50% restantes obtiveram classificação média de deterioração, permitindo manutenção em até dois anos. Os resultados obtidos por Lauria (2018) foram considerados satisfatórios.

2.2.5. PAVONI (2019)

Pavoni (2019) realizou o trabalho que consiste na aplicação da metodologia GDE/UnB aos viadutos das entrequadras do Eixo Rodoviário Norte da cidade de Brasília – DF, sendo os viadutos subdivididos entre as pistas do Eixo W, Eixo Central e Eixo L totalizando 24 viadutos.

Conforme estabelecido no trabalho de Lauria (2018), foi realizada a adição da patologia abrasão, procurando aumentar o nível de detalhamento das análises de deterioração em estruturas de concreto. Para isso, o autor considerou o mesmo fator de ponderação e fator de influência atribuídos no trabalho de Lauria (2018).

Para se obter um maior detalhamento e manter a padronização, foi realizada a divisão com relação aos pontos cardeais para as famílias dos viadutos das entrequadras, de maneira semelhante à proposta ao Eixo Rodoviário Sul. A família de guarda rodas ganhou denominação L, W e C em função da direção cardinal leste, oeste ou central do viaduto. A família de cortinas foi dividida em duas direções cardeais, Norte ou Sul e L ou W. A cortina central foi dividida em cortina central norte e cortina central sul.

Seguindo o Manual de Aplicação de Metodologia GDE/UnB a Obras de Artes Especiais, proposto por Verly (2015), e com as atualizações propostas por Lauria (2018), Pavoni (2019), avaliou 24 OAEs. O cálculo foi feito para dois casos, considerando e não considerando os valores de G_{de} menores que 15 no cálculo na avaliação do grau de deterioração da família (G_{df}). Segue abaixo *Tabela 2.11* que apresenta os resultados obtidos.

Tabela 2.11 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte
(PAVONI, 2019)

Quadra	Viaduto	G_d^*	G_d	Diferença G_d e G_d^*	Nível de Deterioração
01/02	W	40,44	40,67	0,23	Médio
	Central	41,37	43,60	2,24	Médio
	L	45,57	46,77	1,20	Médio
03/04	W	56,35	56,71	0,35	Alto
	Central	62,62	62,88	0,26	Alto
	L	43,41	44,95	1,55	Médio
05/06	W	59,99	60,35	0,35	Alto
	Central	23,75	23,86	0,10	Médio
	L	46,82	50,17	3,35	Alto
07/08	W	59,41	59,79	0,38	Alto
	Central	35,34	36,20	0,86	Médio
	L	48,81	49,65	0,84	Médio
09/10	W	5,12	12,82	7,70	Baixo
	Central	23,94	27,49	3,55	Médio
	L	33,22	36,93	3,71	Médio
11/12	W	68,86	69,38	0,51	Alto
	Central	52,59	57,35	4,76	Alto
	L	26,05	28,57	2,52	Médio
13/14	W	22,64	24,46	1,83	Médio
	Central	9,05	11,04	1,99	Baixo
	L	66,94	72,90	5,96	Alto
15/16	W	47,45	47,45	0,01	Médio
	Central	59,24	59,52	0,28	Alto
	L	44,53	44,82	0,28	Médio

Analisado os resultados das diferenças de valores entre G_d e G_d^* , foi obtido uma variação máxima de 7,70. Em valores percentuais, essa variação corresponde a 60,1% do valor de G_d . O autor optou por adotar os valores do G_d para as considerações finais, pois o resultado inclui todos os valores de G_{de} no cálculo e são mais conservadores.

Baseado no trabalho de Santiago & Azevedo (2012), que executaram a avaliação das mesmas Obras de Artes Especiais em 2012, o autor realizou um comparativo dos resultados. Vale ressaltar, que para ter coerência nos resultados, Pavoni (2019) substituiu a formulação de Verly (2015), dada pela Equação 2.17, pela Equação 2.11, proposta por Castro (1994). O resultado pode ser observado na *Tabela 2.12*, a seguir.

Tabela 2.12 - Comparativo de resultado obtidos entre SANTIAGO & AZEVEDO (2012) e PAVONI (2019)

Quadra	Viaduto	G_d^* (Santiago & Azevedo, 2012)	G_d^* (Pavoni, 2019)
01/02	W	37,04	36,88
	Central	29,64	43,20
	L	37,04	31,14
03/04	W	49,63	38,54
	Central	27,43	52,83
	L	55,87	43,40
05/06	W	61,49	51,20
	Central	59,06	24,88
	L	68,45	29,92
07/08	W	59,84	50,37
	Central	53,95	22,48
	L	54,36	28,99
09/10	W	36,00	2,78
	Central	0,00	7,81
	L	54,36	12,53
11/12	W	36,57	60,19
	Central	57,13	47,93
	L	0,00	23,98
13/14	W	28,71	17,14
	Central	0,00	4,92
	L	56,80	32,20
15/16	W	28,71	48,13
	Central	0,00	45,72
	L	56,80	43,04

A comparação dos resultados mostra uma divergência entre os valores obtidos em 2012 e os de 2019. Embora exista a subjetividade influenciada pela avaliação da pessoa que fez as inspeções técnicas e as considerações da atribuição dos fatores de intensidade do dano, as diferenças foram bastantes significativas, impondo em muitos casos a alteração de classificação do nível de deterioração das OAEs. Os 4 valores nulos encontrados para o G_d^* de Santiago e Azevedo (2012), ocorreram em função de não terem sido obtidos G_{de} maiores que 15 em seus cálculos.

Como maneira de auxiliar os trabalhos futuros, Pavoni (2019) elaborou um anexo como guia para avaliação dos fatores de intensidade. Neste anexo foram colocados os principais danos observados nas vistorias e os seus respectivos fatores de intensidade (F_i), relacionados com registros fotográficos, para auxiliar na tomada de decisão dos avaliadores em inspeções futuras.

2.3. PESQUISAS RELACIONADAS AO TEMA

A seguir serão apresentadas algumas pesquisas relacionadas ao tema, que serviram de embasamento para o desenvolvimento de uma metodologia mais consistente. Tais pesquisas ajudaram na construção da metodologia GDE/UnB, para que se torne mais aplicável e menos subjetiva para análises futuras.

2.3.1. ANDRADE (1997)

O trabalho de Andrade (1997) consiste na elaboração de um banco de dados com as condições dos prédios no estado Pernambuco. Em um desses edifícios vistoriados, foi escolhido a metodologia GDE/UnB para avaliação do grau de deterioração da estrutura.

O edifício selecionado tem característica residencial e foram inspecionados 44 elementos no total, sendo: 18 pilares, 16 vigas e 10 aparelhos de apoio no nível da garagem. Aplicando a metodologia de Castro (1994), foi determinado o grau de deterioração da estrutura. O resultado encontrado foi um G_d com valor de 95,2, classificando a estrutura no estado crítico. Para esses casos, é recomendada intervenção imediata, segundo Castro (1994). A *Tabela 2.13* apresenta um resumo dos resultados obtidos pelo autor.

Tabela 2.13 - Resultados obtidos (ANDRADE, 1997)

Família de elementos	G_{df}	F_r	$G_{df} \cdot F_r$
Pilar	109,48	5	547,4
Viga	67,12	5	335,63
Aparelho de apoio	112,39	4	449,56
Total		14	1332,59
		$G_d =$	95,2

A falta de controle de qualidade na execução da obra, no que se refere aos materiais e aos trabalhadores, assim como, algumas falhas na concepção de projeto e a falta de manutenção preventiva na estrutura foram os principais motivos levantados para a situação em que a edificação se encontrava. Além disso, o ambiente em que se localiza é caracterizado por altas temperaturas e umidade relativa, proporcionando uma condição ambiental agressiva ao

concreto armado, tornando obrigatórias as práticas de manutenção para garantir as condições de serviço e durabilidade ao longo de sua vida útil.

2.3.2. LOPES (1998)

Lopes (1998) usou a metodologia GDE/UnB para complementar a inspeção técnica e formar um banco de dados no sistema SISCOP, que é utilizado como sistema de manutenção predial adotado no Banco do Brasil S.A. Em seu trabalho foi verificada a condição de prédios de uso comercial, localizados nas cidades de Santo Amaro, Porto Alegre, Rio de Janeiro, Salvador e Brasília.

De modo a conseguir maior abrangência para o método e visando facilitar a aplicação, foram propostas algumas alterações na metodologia. A família de juntas de dilatação foi retirada, pois seu uso como família era inadequado podendo levar a erros durante a inspeção, já que as juntas ocorrem próximas de outros componentes estruturais que formam famílias, tais como: pilares, vigas e lajes. Portanto, a avaliação das juntas passou a ser considerada um dano dentro de outras famílias.

Outra mudança adotada pelo autor foi a unificação dos recalques e deslocamentos, denominado dano recalque/deslocamento. Além disso, o dano de corrosão, denominado como mancha de corrosão, passou a ser corrosão apenas, sendo agora englobados todos os estágios da corrosão. Por fim, foram acrescentados os parâmetros: deformação lenta/fluência, sobrecarga, agressão ambiental e junção de elementos. Com as alterações, segue tabela com as novas proposições dos fatores de ponderação (F_p), conforme a *Tabela 2.14*.

Tabela 2.14 - Proposição de Fatores de Ponderação de danos (LOPES, 1998)

Dano estrutural	Fator de Ponderação - F_p							
	Pilar	Viga	Laje	Escada ou Rampa	Cortina	Reservatório	Bloco	Peça de Arquitetura
Segregação	6	4	5	4	5	5	6	4
Lixiviação/Eflorescência	5	5	3	5	5	7	5	3
Desagregação	7	7	7	7	7	7	7	7
Esfoliação	8	8	8	8	8	8	8	8
Carbonatação	7	7	7	7	7	7	7	7
Fissuração inaceitável	10	10	10	10	10	10	10	8
Flecha/Flambagem	10	10	10	10	10	10	10	10
Desvio de geometria	9	7	7	7	7	8	7	7
Cobrimto deficiente	6	6	6	6	6	7	6	6
Corrosão	7	7	7	7	7	9	7	7
Cloreto (presença)	10	10	10	10	10	10	10	10
Mancha	5	5	5	5	5	6	5	5
Deformação lenta	8	9	8	8	8	8	8	8
Carga acidental	10	10	10	10	10	10	10	10
Agressão ambiental	8	8	8	8	8	8	8	8
Infiltração/Vazamento	6	6	6	6	6	9	6	6
Recalque/Deslocamento	10	10	10	10	10	10	10	10
Ninho de concretagem	8	8	7	7	8	9	8	8
Esmagamento	10	9	7	7	10	9	10	7
Junta danificada	10	8	6	7	6	5	-	5
Junção de elementos	10	8	7	7	8	9	8	6

Também foram propostas alterações no procedimento de cálculo do grau de deterioração de elemento. Enquanto a formulação original de Castro (1994) indicava a preponderância do maior grau de dano quando havia até dois danos e na soma da média dos demais a partir da ocorrência de três ou mais danos, Lopes (1998) questiona a fidelidade desse equacionamento matemático no crescimento da deterioração do elemento quando novos danos são causados propondo uma nova formulação:

$$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right) \quad \text{Equação 2.13}$$

Sendo,

m o número de danos detectados no elemento;

D_i o grau do dano de ordem (i);

$D_{m\acute{a}x}$ o maior grau de dano

A nova equação possui tendência de valor máximo próximo a 200, conforme equacionamento original da metodologia GDE/UnB. Além disso, permite o crescimento dos valores obtidos para o grau de deterioração do elemento de maneira gradual, independentemente do número de danos. Portanto, não sendo possível obter o maior valor de G_{de} com apenas três danos, conforme anteriormente poderia acontecer.

O autor recomenda a execução de ensaios durante a inspeção, tendo em vista que certas estruturas precisam de uma avaliação mais detalhada, como o cobrimento de armações, a profundidade de carbonatação e a presença de cloretos.

Em seguida foi realizado um levantamento de áreas para melhorar a análise dos resultados obtidos. Segue *Tabela 2.15* com os resultados enunciados para as edificações avaliadas por Lopes (1998).

Tabela 2.15 - Resultados apresentados para os edifícios inspecionados (LOPES, 1998)

Prédio (UF)	RS	SP	RJ i	RJ ii	BA	DF
Área construída (m ²)	11.399	31.090	56.679	10.966	27.577	24.979
Índice de degradação	0,1513	0,1304	0,3081	0,3859	0,3831	0,2139
Grau de dano acumulado	2.032	2.224	6.738	1.144	8.706	2.753
Grau de deterioração da estrutura	48	39	59	42	120	50
Nível de deterioração da estrutura	Alto	Médio	Alto	Alto	Crítico	Alto

As análises dos resultados obtidos por Lopes (1998), com a aplicação da GDE/UnB, segundo suas proposições, constataram eficiência na caracterização do grau de deterioração dos edifícios inspecionados e na recomendação de ações e planos de manutenção para garantia do desempenho e funcionalidade, promovendo um acompanhamento do grau de deterioração das estruturas.

2.3.3. BOLDO (2002)

O autor utilizou a metodologia de avaliação GDE/UnB de Castro (1994) para avaliar 40 edificações do exército brasileiro. As inspeções foram feitas pelos próprios técnicos dos órgãos do exército sob supervisão do autor do estudo. Como resultado, as avaliações apresentaram um

bom panorama do estado de conservação das edificações do exército para o ano em estudo (2002), sendo as edificações, em sua maioria, encontradas com pouca deterioração na estrutura.

Em seu trabalho, foram propostas a adição e a alteração de algumas patologias. O dano sinal de esmagamento foi adicionado com o fator de ponderação de 8 nos elementos de vigas e escadas/rampas; elementos de blocos de fundação e nos elementos de composição arquitetônica o fator de ponderação atribuído foi de 10. A eflorescência nas lajes teve seu valor alterado de 3 para 5, ressaltando sua importância. As juntas de dilatação passaram a ter somente os danos de infiltração e obstrução, ambos com o máximo fator de ponderação ($F_p = 10$). O dano de ligação deficiente à estrutura foi suprimido no método aplicado, devido à planilha de elementos de composição arquitetônica. O dano mancha teve as seguintes mudanças: passou a ter três fatores de intensidade diferentes, sendo considerada a área que atinge a superfície do concreto, medida em porcentagem. Por fim, o fator de relevância estrutural para o elemento de junta de dilatação passou a ser igual a 3.

As alterações realizadas nos equacionamentos, se resumem a adotar o mesmo cálculo de G_{de} proposto por Lopes (1998). O grau de deterioração da família foi alterado pelo autor, seguindo os preceitos da proposição de alteração de Lopes (1998), promovendo uma visão mais realista, ressaltando os elementos em piores condições. Para o cálculo de G_{df} utilizou-se somente os G_{de} maiores que 15, sendo os menores que 15 considerados iguais a zero. Segue equação proposta por Boldo (2002) para o cálculo do grau de deterioração da família:

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}} \right) \quad \text{Equação 2.14}$$

Onde,

m é o número de elementos com $G_{de} \geq 15$;

$G_{de(i)}$ é o grau de deterioração do elemento de ordem (i);

$G_{demáx}$ é o maior grau de deterioração do elemento, entre os elementos com $G_{de} \geq 15$.

Com base em trabalhos anteriores, BOLDO (2002) estipulou a frequência de inspeções, conforme segue: um ano após a entrega da obra, três anos e cinco anos, sendo considerado os custos dos reparos de 35%, 65% e 82%, respectivamente, em relação ao valor da obra.

Nas Tabelas 2.16 e 2.17, tem-se as novas classificações propostas por Boldo (2002) para os níveis de deterioração do elemento e da estrutura, respectivamente, com intuito de melhorar o entendimento das medidas a serem desenvolvidas.

Tabela 2.16 - Classificação dos níveis de deterioração de elemento (BOLDO, 2002)

Nível de deterioração	G_{de}	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 80	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

Tabela 2.17 - Classificação dos níveis de deterioração da estrutura (BOLDO, 2002)

Nível de deterioração	G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 40	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos).
Alto	40 - 60	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 60	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

As proposições realizadas foram aplicadas com a metodologia GDE/UnB no Hospital Geral de São Paulo com o objetivo de comparar os resultados. Observou-se que os valores de G_{de} encontrados foram parecidos, apresentando maiores divergências quando tinham mais de 2 danos nos elementos. Já no cálculo de G_{df} houve diferenças significativas, pelo fato de que o

maior G_{de} tenha sido ressaltado na análise, assim como o previsto, pois influencia em uma intervenção em menor prazo.

2.3.4. PESSOA (2002)

O autor modelou a estrutura completa da Catedral de Brasília e, através da metodologia GDE/UnB, realizou uma análise de intervenção e manutenção na Catedral de Brasília. A metodologia aplicada considerou as proposições e alterações feitas por BOLDO (2002).

De modo a se obter uma análise mais detalhada da catedral, o monumento foi dividido em quatro partes, sendo eles: a nave da catedral, o espelho d'água, o batistério e o campanário. A avaliação da nave foi feita considerando as famílias de pilares, lajes e anel. Já o espelho d'água foi dividido em famílias de pilares, vigas, lajes e juntas. Para o batistério foi possível avaliar somente a família de lajes. Por fim, o campanário da catedral foi considerado somente a família de pilares.

A *Tabela 2.18* apresenta os resultados para o grau de deterioração estrutural das partes avaliadas na Catedral de Brasília por PESSOA (2002).

Tabela 2.18 - Resultados da metodologia GDE/UnB – Catedral de Brasília (PESSOA, 2002)

Família de elementos	G_d	Nível de Deterioração	Prazo para intervenção
Nave	15	Médio	2 anos
Espelho d'água	68	Crítico	Imediata
Batistério	37	Médio	2 anos
Campanário	4	Baixo	Manutenção preventiva

Com base nos resultados obtidos pela metodologia do GDE/UnB e as proposições realizadas para a estrutura não usual, presente no trabalho de PESSOA (2002), tornou-se possível o desenvolvimento de um programa de manutenção preventiva e corretiva para a Catedral de Brasília.

2.3.5. FONSECA (2007)

O trabalho consistiu na utilização da metodologia GDE/UnB para inspeção quanto ao grau de deterioração estrutural do Instituto Central de Ciências (ICC), edificação histórica da Universidade de Brasília. Para tal, foi utilizada a metodologia em sua última versão, sendo propostos alguns pontos de aperfeiçoamento.

Algumas alterações foram propostas pelo autor, como a patologia anteriormente denominada de esfoliação foi modificada para deslocamentos, com a finalidade de evitar confusão com desagregação. O dano segregação foi modificado para falha de concretagem. O dano intitulado de infiltração e infiltração na base foram modificados para umidade e umidade na base indicando penetração ou presença da mesma nos elementos estruturais. Além disso, na reformulação os danos de manchas e umidade foram incluídos nos possíveis danos aos elementos de composição arquitetônica.

Com o objetivo de atualização referente à norma técnica vigente, os conceitos de cobertura deficiente, fissuração e flechas foram modificados em função da NBR 6118/2003. Além disso, os danos de carbonatação, contaminação por cloretos e cobertura deficiente foram alteradas no Roteiro de Inspeção de modo que fosse possível o agravamento temporal levando a condições de corrosão de armaduras.

Na *Tabela 2.19*, temos as alterações referentes aos fatores de intensidade para os danos que envolvem a corrosão de armaduras.

Tabela 2.19 - Reformulação de fatores de intensidade relacionados à corrosão (FONSECA, 2007)

Dano	F _i
Carbonatação atingindo a armadura (presença de umidade)	3 e 4
Cobertura deficiente com exposição de armadura	2 e 3
Contaminação por cloretos sem umidade - elementos interiores/exteriores	2 e 3
Contaminação por cloretos com presença de umidade	4
Deslocamento com exposição de armadura	3 e 4
Eflorescência em estágio avançado - estalactites ou crostas de carbonato de cálcio	4
Falha de concretagem	3 e 4

FONSECA (2007) notou que a maioria dos fatores de ponderação considerados por LOPES (1998) estavam com o valor acima de 5, e decidiu alterar a escala de 0 a 10 para 1 a 5. Para isso, segue a nova formulação proposta para calcular o grau de dano (D):

$$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p \quad \text{para } F_i \leq 2 \quad \text{Equação 2.15}$$

$$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p \quad \text{para } F_i \geq 3 \quad \text{Equação 2.16}$$

Para considerar o avanço de outros danos para a corrosão, o fator de ponderação da corrosão passou a ser $F_p = 5$, o da contaminação por cloretos a ser $F_p = 4$ e carbonatação com $F_p = 3$. Os danos fissuras passaram a ter fator de ponderação variável com a sua abertura, independentemente de sua origem. O F_p para esse dano está no intervalo de 2 a 5, sendo os de 4 e 5 com risco de ruptura frágil. As Tabelas 2.20, 2.21 e 2.22 representam os tipos de fissuras mais comuns, com seus respectivos fatores de ponderação.

Tabela 2.20 - Tipologia de fissuras de concreto armado - Estado Plástico (FONSECA, 2007)




	Fissuras	Descrição	Croquis	F_p
ESTADO PLÁSTICO	de retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes - paralelas, superficiais e afastadas de 0,3 a 1 m.		2
	de assentamento do concreto	- acompanham as armaduras - em pilares, ficam abaixo dos estribos; - interagem com armaduras vizinhas		3
	de movimentação de fôrmas	- indicam mau posicionamento, má fixação ou resistência insuficiente de fôrmas e escoramentos		3

Tabela 2.21 - Tipologia de fissuras de concreto armado - Estado Endurecido (FONSECA, 2007)

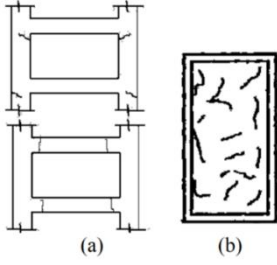

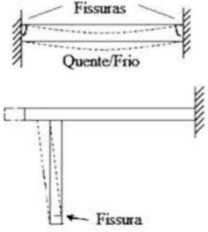
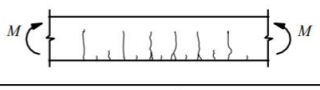
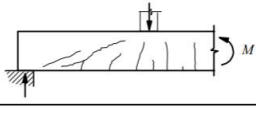
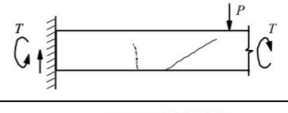
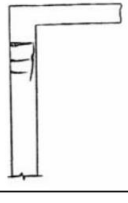
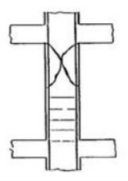
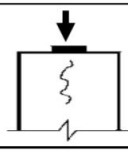
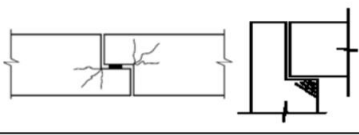
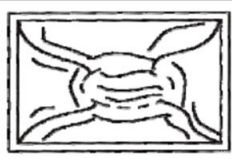
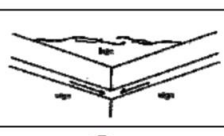

ESTADO ENDURECIDO	de retração do concreto por secagem	<ul style="list-style-type: none"> - vigas podem ocasionar fissuras nos pilares e vice-versa, por diferenças de rigidez (a) - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b) - indicam restrição de movimentos - profundidade reduzida - aberturas de 0,1 a 0,2 mm 	 <p>(a) (b)</p>	3
	mapeadas	<ul style="list-style-type: none"> - mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes - abertura e extensão reduzidas - indicam desempenho excessivo. - danos apenas estéticos, em geral 		2
	de variações de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - em geral, normais ao eixo de elementos lineares - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação e/ou sua inexistência 	 <p>Fissuras Quente/Frio Fissura</p>	3

Tabela 2.22 - Tipologia de fissuras de concreto armado – Erros de projeto/execução ou cargas excessivas (FONSECA, 2007)

	Fissuras	Descrição	Croquis	F_p
ERROS DE PROJETO/ EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS	de flexão em vigas	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto		4
	de força cortante - flexão em vigas	- inclinadas nas duas faces - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios		4
	de cortante, momentos de torção e flexão em vigas	- inclinadas em uma face - na face oposta: menor abertura e inclinação		4
	de flexo-tração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada - paralelas ao eixo na face comprimida, podem indicar esmagamento do concreto - mais próximas de extremidade com maior momento		5
	de compressão	- paralelas ao eixo e convergindo para o centro nas proximidades de ruptura - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos		5
	de carga concentrada em área reduzida	- comuns 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 de aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado		3
	de flexão em lajes	- na face inferior, paralelas aos vãos com continuidade ou vãos maiores, se estendendo em direção aos cantos - na face superior, paralelas aos e bordos com continuidade		4
	de momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo abrir nas duas faces - influenciadas por variações de temperatura e retração		3
	de punção	- traçado circular e/ou radial em torno do pilar		5

Foi realizada a adição de mais um nível de classificação da estrutura, conseqüentemente mais uma intervenção a ser feita, tanto para o elemento quanto para a estrutura. Esta adição foi baseada na norma DNIT 010 – PRO (2004), que utiliza cinco níveis de deterioração. A *Tabela 2.23* ilustra o quadro de classificação já com as alterações feitas por Fonseca (2007).

Tabela 2.23 - Classificação de níveis de deterioração de elemento e estrutura reformulados (FONSECA, 2007)

Nível de deterioração	G_{de} / G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

Por fim, o cálculo do grau de deterioração da família de elementos também ganhou uma nova formulação, em função do autor considerar que o equacionamento superestima o estado real de um elemento em estado crítico, ainda mais quando se tem muitos elementos na estrutura. Segue a *Equação 2.16* com as alterações propostas:

$$G_{df} = G_{demáx} \cdot \left(\sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right) \quad \text{Equação 2.17}$$

Onde,

m o número de elementos com $G_{de} \geq 15$;

$G_{de(i)}$ o grau de deterioração do elemento de ordem (i);

$G_{demáx}$ o maior grau de deterioração do elemento, entre os elementos com $G_{de} \geq 15$.

Após a realização das alterações propostos à metodologia GDE/UnB, o autor obteve os resultados da análise referente ao ICC, subdividido em bloco e alas de análise. A *Tabela 2.24* apresenta os valores obtidos para o grau de deterioração das estruturas.

Tabela 2.24 - Resultados da metodologia GDE/UnB após alterações (FONSECA, 2007)

Famílias (fissuras com $F_p=3$)	G_{df}	F_r	$G_{df} \cdot F_r$
Pilares Bloco AL Ala Norte	137	5	688
Pilares Bloco AL Ala Central	65	5	327
Pilares Bloco AL Ala Sul	53	5	267
Pilares Bloco AO Ala Norte	60	5	303
Pilares Bloco AO Ala Central	114	5	573
Pilares Bloco AO Ala Sul	133	5	669
Pilares Bloco BL Ala Norte	130	5	651
Pilares Bloco BL Ala central	63	5	316
Pilares Bloco BL Ala Sul	63	5	317
Pilares Bloco BO Ala Norte	120	5	603
Pilares Bloco BO Ala Central	144	5	721
Pilares Bloco BO Ala Sul	116	5	581
Vigas Transversais de Cobertura Bloco A Ala Norte	144	5	722
Vigas Transversais de Cobertura Bloco A Ala Central	128	5	644
Vigas Transversais de Cobertura Bloco A Ala Sul	110	5	550
Vigas Transversais de Cobertura Bloco B Ala Norte	64	5	324
Vigas Transversais de Cobertura Bloco B Ala Central	122	5	611
Vigas Transversais de Cobertura Bloco B Ala Sul	110	5	554
Elementos Curvos Bloco A Ala Norte	101	2	202
Elementos Curvos Bloco A Ala Central	0	2	0
Elementos Curvos Bloco A Ala Sul	26	2	53
Elementos Curvos Bloco B Ala Norte	67	2	134
Elementos Curvos Bloco B Ala Central	132	2	264
Elementos Curvos Bloco B Ala Sul	15	2	30
Total		102	10114
$G_d=$		99	Sofrível

Com a análise do resultado, foi encontrado um grau sofrível de deterioração da estrutura, sendo recomendado, segundo a metodologia, uma intervenção no prazo máximo de 6 meses. O autor concluiu que tal avaliação é condizente com a realidade estrutural do Instituto Central de Ciências (ICC).

2.3.6. EUQUERES (2011)

O trabalho de Euqeres (2011) consistiu em aplicar a metodologia GDE/UnB para pontes de concreto armado. Foi utilizado o método em suas últimas revisões, dadas por Fonseca (2007), sendo realizadas algumas adaptações para a aplicação em pontes de concreto armado.

Para aplicação do método em pontes foram considerados os seguintes elementos: pilares, vigas, laje, barreiras de defesa ou guarda-corpos, cortinas, blocos de fundação, pista de rolagem, juntas de dilatação e aparelhos de apoio. Com essa mudança, foi necessária também a adaptação dos possíveis danos e seus respectivos fatores de ponderação, obedecendo à escala de 1 a 5.

Os fatores de relevância F_p empregados foram adaptados:

- Barreiras de defesa $F_r = 1,0$
- Pista de rolamento $F_r = 2,0$
- Cortinas e juntas de dilatação $F_r = 3,0$
- Lajes, fundações, aparelho de apoio e vigas secundárias $F_r = 4,0$
- Vigas principais e pilares $F_r = 5,0$

Uma nova classificação em níveis de deterioração estrutural também foi proposta assim como os prazos de intervenção para manutenção para corroborar com as necessidades específicas de estruturas de pontes. A *Tabela 2.25* apresenta a classificação proposta.

Tabela 2.25 - Classificação de níveis de deterioração adaptado para pontes (EUQUERES, 2011)

Nível de deterioração	G_{de} / G_d	Medidas a serem adotadas
Baixo	≤ 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	16 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	51 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 18 meses).
Sofrível	81 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 101	Inspeção especializada emergencial. Planejar intervenção imediata.

A ponte escolhida para o estudo piloto com as novas alterações, foi a ponte sobre o Rio Piracanjuba – GO. Inicialmente, foram considerados apenas os resultados com grau de deterioração de elemento maior ou igual a 15. Assim, apenas a família de lajes cumpriu o requisito e levou a grau de deterioração da estrutura de 33,60. O autor também efetuou o cálculo com todos os graus de deterioração de elemento, atingindo o valor de 17,06 para o grau de deterioração da estrutura, bem abaixo do anterior, porém ainda na classificação média.

Analisando os resultados, é possível notar que a aplicação da metodologia em pontes permite a inclusão de todos os valores avaliados para definição do grau de deterioração da estrutura, e não só aqueles maiores que 15. O estudo prosseguiu para outras 11 pontes do estado de Goiás, de modo a validar a metodologia adaptada. Os resultados das 11 estruturas analisadas variaram entre a classificação média e alta, mostrando a eficiência do método com inspeções visuais, apresentando limitação por visibilidade na medida que as pontes superem 70 metros de extensão.

2.3.7. SANTIAGO & AZEVEDO (2012)

O autor se propôs a avaliar os viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília, os mesmos avaliados novamente por PAVONI (2019). Sendo a relevância do trabalho como referência exaltada na análise dos resultados, com algumas comparações com os resultados obtidos entre 2012 e 2019.

A análise realizada por Santiago & Azevedo (2012) tem como base a metodologia GDE/UnB com a adaptação para aplicação em Obras de Arte Especiais segundo as alterações propostas por Euqeres (2011). Do ponto de vista metodológico, os autores apresentam modificação nos fatores de ponderação do elemento pista de rolamento. Anteriormente o valor praticado era de $F_p = 5$ para qualquer dano encontrado no elemento. Segundo Santiago & Azevedo (2012) as consequências para os danos no elemento pista de rolamento não eram demasiadamente preocupantes ao ponto de valer nota máxima do fator de ponderação. Assim, segue a proposta apresentada pelo trabalho referido para ponderação no elemento de pista de rolamento:

Danos:

- Descontinuidades – $F_p = 3$;
- Desgaste da Sinalização – $F_p = 3$;
- Desgaste Superficial – $F_p = 4$.

Para se obter um maior detalhamento dos resultados, os viadutos do Eixo Rodoviário Norte foram divididos em três: Viaduto Central – Eixo Rodoviário, Viaduto L – Eixo L e Viaduto W – Eixo W. Em cada viaduto foram considerados os elementos de barreiras de defesa, laje, pista e cortinas, a fim de avaliar e calcular os parâmetros necessários para obtenção do grau de deterioração estrutural.

O cálculo do grau de deterioração foi realizado apenas utilizando valores de $G_{de} \geq 15$, conforme metodologia original de Castro (1994). Essa consideração levou a resultados de grau de deterioração nulo para viadutos avaliados com danos pequenos em função dos fatores de intensidade estipulados, fato que mascara viadutos pouco danificados como sendo completamente intactos. O resumo dos resultados alcançados com o trabalho está disponível na *Tabela 2-26* a seguir,

Tabela 2.26 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB – Eixo Rodoviário Norte
(SANTIAGO & AZEVEDO, 2012)

Quadra	Viaduto	G _d	Nível de Deterioração	Quadra	Viaduto	G _d	Nível de Deterioração
01/02	W	37,04	Médio	09/10	W	36,00	Médio
	C	29,64	Médio		Eixão	0,00	Baixo
	L	37,04	Médio		L	54,36	Alto
03/04	W	49,63	Médio	11/12	W	36,57	Médio
	Eixão	27,43	Médio		Eixão	57,13	Alto
	L	55,87	Alto		L	0,00	Baixo
05/06	W	61,49	Alto	13/14	W	28,71	Médio
	Eixão	50,06	Alto		Eixão	0,00	Baixo
	L	68,45	Alto		L	56,80	Alto
07/08	W	59,84	Alto	15/16	W	28,71	Médio
	Eixão	53,95	Alto		Eixão	0,00	Baixo
	L	54,36	Alto		L	56,80	Alto

Santiago & Azevedo (2012) considerou que os resultados obtidos com a metodologia GDE/UnB foram capazes de representar o verdadeiro estado (classificação variável de baixo a alto para nível de deterioração) dos viadutos do Eixo Rodoviário Norte de Brasília, embora tenha tido casos com grau de deterioração nulo em função da consideração apenas de graus de deterioração de elementos maiores que 15.

Segundo Santiago & Azevedo (2012), na maior parte das vezes, as barreiras de defesa encontravam-se em condições piores, com grande número de danos e fatores de intensidade elevados. Por outro lado, o elemento de pista teve os melhores resultados. O panorama dos viadutos foi considerado melhor do que o esperado em função da falta de manutenção.

2.3.8. ROSA (2014)

Em seu trabalho se propôs a comparar duas metodologias de inspeção para Obras de Arte Especiais: metodologia GDE/UnB e metodologia de inspeção rotineira para pontes de concreto armado e protendido proposta pelo DNIT. Para tal, foram inspecionados 13 viadutos localizados em Brasília – DF sendo o objetivo almejado voltado para a viabilidade de utilização da metodologia GDE/UnB no Sistema de Gestão de Obras – SGO – do DNIT.

Para o estudo foi utilizado a metodologia GDE/UnB segundo as últimas modificações e adequações para OAE's propostas na literatura e quantificou apenas o resultado do grau de

deterioração da estrutura (G_d) considerando os graus de deterioração de elementos maiores que 15. A Tabela 2-27 apresenta os resultados obtidos pelo autor.

Tabela 2.27 - Resultados das metodologias SGO/DNIT E GDE/UnB (ROSA, 2014)

Viaduto	DNIT	GDE/UnB	
	(Nota Técnica)	G_d	Nível de Deterioração
1	3	29,90	Médio
2	3	29,96	Médio
3	3	58,70	Alto
4	3	39,83	Médio
5	3	31,80	Médio
6	3	30,20	Médio
7	3	96,90	Sofrível
8	2	108,20	Crítico
9	2	108,60	Crítico
10	2	134,10	Crítico
11	3	42,30	Médio
12	3	41,50	Médio
13	2	81,90	Sofrível

Com base nos resultados, notou-se que existe diferença de conceito de aplicação entre as metodologias: a metodologia GDE/UnB apresenta a avaliação baseada no grau de deterioração estrutural, que diz respeito as patologias encontradas. Por outro lado, a metodologia do DNIT tem o viés de avaliar as condições de estabilidade da estrutura, se baseando nos danos observados em elementos padrão. Segundo o autor, tais diferenças promovem diferença clara entre os métodos e acaba levando ao maior conservadorismo da metodologia GDE/UnB.

O estudo mostrou que existe uma dificuldade em manter um padrão durante as inspeções via metodologia DNIT, causada pela falta de material que auxiliassem na determinação dos fatores de intensidades, quando comparadas a metodologia GDE/UNB. Portanto, Rosa (2014) concluiu que a metodologia DNIT estava mais suscetível a subjetividade dos avaliadores por conta da falta de balizamento das análises. A conclusão de seu trabalho permitiu a viabilidade da metodologia GDE/UNB para a avaliação de pontes e viadutos de concreto armado.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho se propôs a aplicar a metodologia do Grau de Deterioração de Estruturas desenvolvida pela Universidade de Brasília (GDE/UnB) no Lote 1 de Obras de Artes Especiais distribuídos pelo Distrito Federal. A sua escolha foi motivada pela especificidade de aplicações em Obras de Arte Especiais, reforçada por todas as modificações realizadas pelos autores enunciados ao longo do capítulo 2, responsáveis por adaptar o método à realidade da OAE's e torná-lo mais consistente.

3.1. ABORDAGEM DA METODOLOGIA GDE/UNB

A metodologia GDE/UnB foi aplicada nas suas últimas revisões e adaptações da literatura técnica, considerando o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY 2015) e a adição do dano abrasão, proposta por Lauria (2018). As análises foram realizadas através de inspeções visuais com registros fotográficos das patologias encontradas. Portanto, foram desconsiderados os danos de carbonatação e contaminação do concreto em função da necessidade de coleta para a avaliação. Além disso, os danos de flecha excessiva, desvio de geometria e deslocamento por empuxo também foram desconsiderados em função da necessidade de equipamentos adequados e inspeções mais elaboradas. O dano representado por sinais de esmagamento não foi observado neste trabalho e é considerado um dano extremo, que poderia provocar a interdição imediata da OAE pelo simples fato de sua ocorrência.

Em resumo, os cálculos foram feitos utilizando as equações 2.15 e 2.16 para definição do grau de dano; o grau de deterioração do elemento foi calculado em acordo com a equação 2.13. A partir dos fatores de relevância das famílias, o cálculo prossegue para o grau de deterioração das famílias – equação 2.17 – e, em seguida, para o grau de deterioração estrutural da OAE analisada – equação 2.12. A *Tabela 3.1* apresenta as equações, formulações e suas respectivas referências, em ordem de cálculo para o método.

Tabela 3.1 - Resumo das equações Metodologia GDE/UnB

Índice	Descrição	Formulação	Referência
2.15	Grau de Dano (D)	$D = 0,8 \cdot F_i \cdot F_p$ para $F_i \leq 2$	FONSECA (2007)
2.16		$D = (12 \cdot F_i - 28) \cdot F_p$ para $F_i \geq 3$	
2.13	Grau de Deterioração do Elemento (Gde)	$G_{de} = D_{m\acute{a}x} \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right)$	LOPES (1998)
2.17	Grau de Deterioração da Família (GDF)	$G_{df} = G_{de\acute{m}a\acute{x}} \cdot \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{de\acute{m}a\acute{x}}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}} \right)$	FONSECA (2007)
2.12	Grau de Deterioração da Estrutura (Gd)	$G_{d,mod} = \frac{K_{m\acute{a}x}}{7,07} \cdot \sqrt{1 + \frac{\left(\sum_{i=1}^k K_i \right) - K_{m\acute{a}x}}{\sum_{i=1}^k K_i}}$	VERLY (2015)

Foram utilizados os fatores de ponderação para os danos conforme adotados por Lauria (2018). Entretanto, foi necessário adicionar os elementos pilares, pilares-parede, longarina, transversina e excluir o elemento pista de rolamento. A pista de rolamento foi retirada das análises, pois esse trabalho visa verificar apenas a situação dos elementos de concreto armado. Para os incluídos, os fatores de relevância foram os usados conforme Euqeres (2011). Seguem os valores atribuídos para cada uma das famílias.

- Guarda-rodas $F_r = 1$
- Cortina, Contenção, Transversina $F_r = 3$
- Tabuleiro $F_r = 4$
- Pilar, Pilar-Parede, Longarina $F_r = 5$

A partir do exposto foi possível proceder à análise utilizando a metodologia GDE/UnB para os viadutos selecionados resultando em dois valores de grau de deterioração da estrutura – G_d * e G_d : com e sem a exclusão dos valores de grau de deterioração de elementos – G_{de} – menores que 15.

Em busca de diminuir a subjetividade das análises foi necessário um período de alinhamento da equipe de trabalho para poder calibrar a aplicação da metodologia GDE/UnB, com reuniões semanais e discussões a respeito das conclusões de cada um. Vale ressaltar que os elementos estruturais variaram conforme a Obra de Arte Especial analisada, em função da variedade arquitetônica observada. O método de separação dos elementos se baseou na determinação de referências cardeais e sequências numéricas para facilitar a identificação. Além disso, as estruturas não seguem um padrão arquitetônico, por isso as famílias de elementos não serão as mesmas para todos os viadutos e pontes analisados.

3.2. VIADUTOS SELECIONADOS PARA INSPEÇÃO

O objetivo desse trabalho consiste na avaliação de 250 Obras de Artes Especiais (OAEs) distribuídas pela região do Distrito Federal. Inicialmente, essas OAEs foram divididas igualmente entre 5 Lotes de maneira aleatória. Os lotes ficaram compostos por 50 OAEs cada um. Em seguida, foi atribuído à 5 alunos da Engenharia Civil na Universidade de Brasília a avaliação de cada lote. Neste trabalho será abordado os resultados do Lote 1, composto por 50 unidades inicialmente.

Para facilitar a identificação das OAEs pelo mapa do Distrito Federal foi criado um código que utiliza como base uma malha de 10 x 10, originando 100 quadrados iguais, conforme ilustrado na *Figura 3.1*.

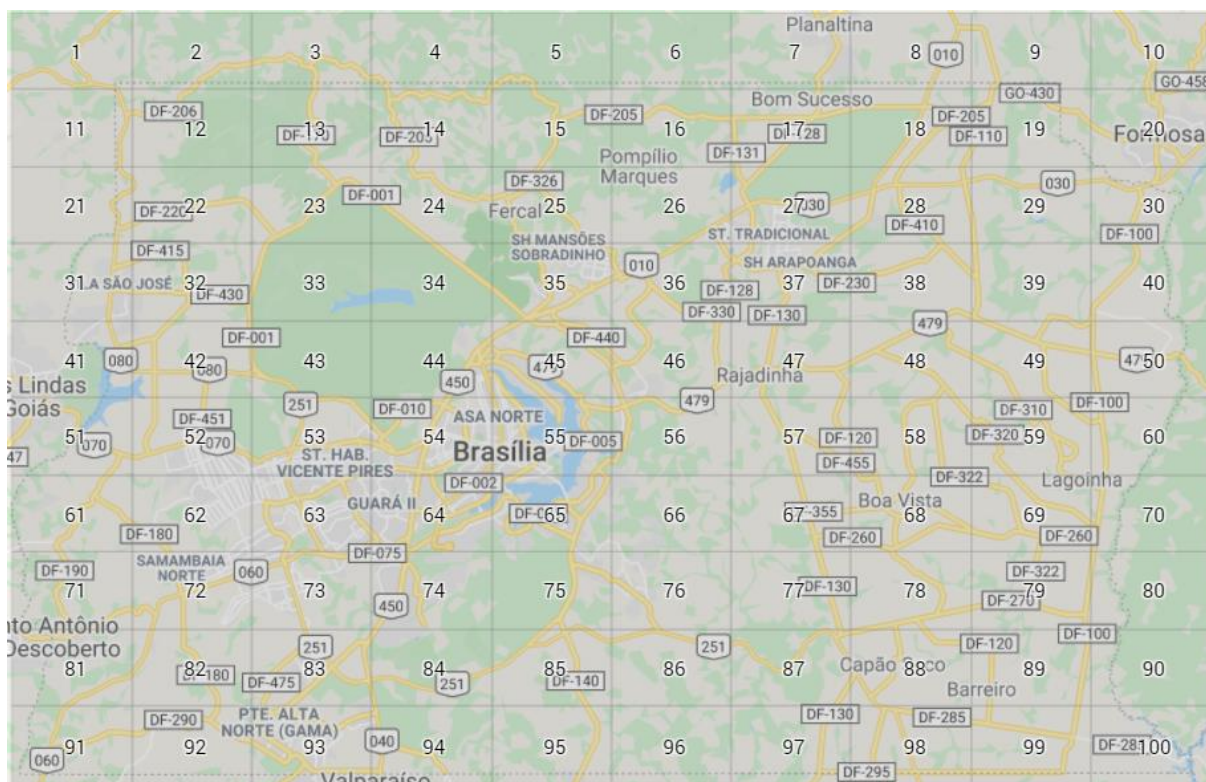


Figura 3.1 - Divisão Distrito Federal Malha 10 x 10 (Retirado do *Google Maps*)

Em seguida, foi desenvolvido um código para a identificação de cada OAE. Tal código é composto da seguinte forma AAA_BBB_CCC_DDD_E, onde:

- AAA = Número da Malha;
- BBB = São os 2º, 3º e 4º dígitos da longitude – para ordenar na malha da esquerda para direita;
- CCC = São os 3 últimos dígitos da longitude – insere a precisão necessária para distinguir pontos próximos horizontalmente;
- DDD = São os 3 últimos dígitos da latitude – insere a precisão necessária para distinguir os pontos próximos verticalmente;
- E = Identifica a categoria da OAE, sendo “P” para Pontes e “V” para Viadutos.

A *Figura 3.2*, ilustra o mapa com as 250 OAEs que foram propostas para as análises. Em rosa estão representadas as que não foram selecionadas pelos alunos e podem ser avaliadas em

trabalhos no futuro. Na cor preta estão representadas aquelas que contemplaram a primeira etapa desse trabalho e em azul-escuro estão representadas as selecionadas para a segunda etapa desse trabalho.

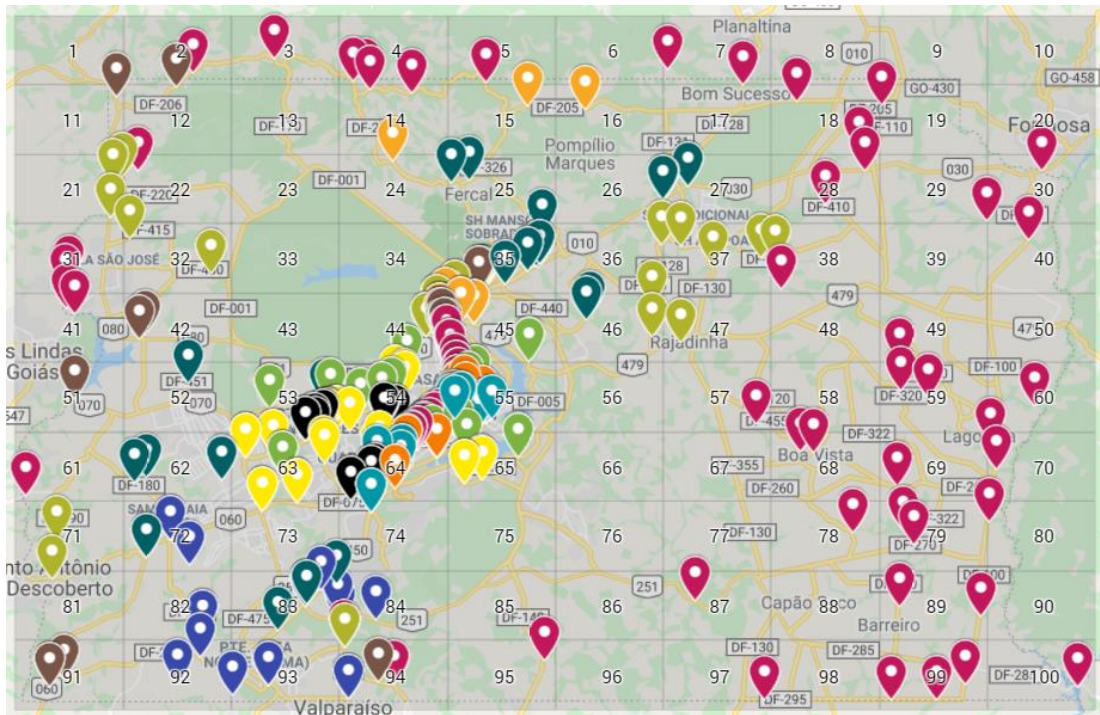


Figura 3.2 - Mapa do Distrito Federal com todas as divisões das OAEs (Retirado do *Google Maps*)

As 50 OAEs selecionadas para este trabalho, foram divididas em 25 para cada etapa. Na primeira etapa foram vistoriadas 28, pois foram identificadas 3 novas estruturas para o estudo. Na segunda etapa foram vistoriadas apenas 10 em função da menor duração do semestre destinado à segunda etapa deste trabalho e da inacessibilidade a algumas pontes, necessitando de equipamentos para vencer eventuais barreiras físicas e serem acessados de forma segura pelo técnico responsável da inspeção. Portanto, 12 OAEs não puderam ser vistoriadas neste trabalho. Das 38 OAEs avaliadas, 29 são viadutos e 9 são pontes

Os mesmos problemas foram observados para os alunos responsáveis pelos outros Lotes. Somando todas as análises dos alunos responsáveis pelos 5 Lotes definidos, foram inspecionados um total de 178 dentre as 250 OAEs distribuídas pelo Distrito Federal.

3.3. PROCEDIMENTO DE INSPEÇÃO

As inspeções visuais necessitam de pelo menos duas pessoas, sendo uma responsável pelo preenchimento da ficha de inspeção, elaborada com os respectivos danos encontrados em cada um dos elementos das OAEs e o outro indivíduo responsável pelo registro fotográfico com o intuito de agregar as informações a um banco de dados e possibilitar possíveis revisões.

As datas de inspeção foram definidas conforme a disponibilidade dos responsáveis pela análise, priorizando os fins de semanas pelo turno da manhã. O horário e o dia foram escolhidos de maneira que garantissem condições de avaliação tranquilas e seguras por conta do menor fluxo de veículos.

Os avaliadores realizaram as inspeções utilizando sempre capacetes, botas e coletes refletivos, em atendimento à segurança do trabalho. A ficha de inspeção foi impressa e apoiada em prancheta para identificação, quantificação e análise das patologias encontradas. Utilizou-se câmera fotográfica digital para registrar e catalogar os danos evidenciados por famílias em cada viaduto inspecionado.

4. RESULTADOS

As inspeções realizadas nas 38 Obras de Artes especiais, pertencentes ao Lote 1, estão apresentadas na *Tabela 4.1* a seguir, constando os valores de G_d^* e G_d . O primeiro valor considera apenas os elementos $G_{de} \geq 15$, enquanto o segundo considera todos os valores no cálculo.

Tabela 4.1 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB no Lote 1

OAE's	Descrição	Gd	Gd*	Gd - Gd*	Avaliação
Etapa 1					
064_795_38_79_V	VIADUTO 1 NA DF-003 ACESSO AEROPORTO JK	8,19	0	8,19	Baixo
064_795_90_85_V	VIADUTO 2 NA DF-003 ACESSO AEROPORTO JK	22,65	19,29	3,36	Médio
064_795_68_14_P	PONTE 2 SOBRE RIACHO FUNDO	47,62	44,38	3,24	Médio
064_795_54_28_P	PONTE 1 SOBRE CÓRREGO RIACHO FUNDO	133,2	130,8	2,4	Crítico
064_795_42_06_V	VIADUTO 1 SOBRE A DF-003 ACESSO N.BANDEIRANTE	58,52	56,42	2,1	Alto
064_795_95_62_V	VIADUTO 2 SOBRE A DF-003 ACESSO N.BANDEIRANTE	40,73	38,12	2,61	Médio
064_797_31_45_V	VIADUTO 2 SOBRE FERROVIA	63,51	60,04	3,47	Alto
064_797_57_90_V	VIADUTO 1 SOBRE FERROVIA	60,02	59,67	0,35	Alto
063_802_04_04_P	PONTE 2 SOBRE O CÓRREGO SAMAMBAIA	19,03	15,56	3,47	Médio
063_801_91_48_P	PONTE 3 SOBRE O CÓRREGO SAMAMBAIA	38,87	35,5	3,37	Médio
063_801_26_23_V	VIADUTO 1 EPTG - ENTRADA ÁGUAS CLARAS	6,9	0	6,9	Baixo
063_801_73_82_V	VIADUTO 2 EPTG - ENTRADA ÁGUAS CLARAS	10,59	0	10,59	Baixo
063_800_40_62_P	PONTE 3 SOBRE O CÓRREGO VICENTE PIRES DF-085	17,5	14,7	2,8	Médio
063_800_96_10_P	PONTE 1 SOBRE CÓRREGO VICENT PIRES	19,86	16,89	2,97	Médio
063_800_22_82_P	PONTE 2 SOBRE CÓRREGO VICENT PIRES	10,81	0	10,81	Baixo
054_793_50_70_V	VIADUTO 1 - SPS (PRÓXIMA A DF-003 E AO CRUZEIRO)	45,24	42,28	2,96	Médio
054_793_99_71_V	VIADUTO 2 - SPS (PRÓXIMA A DF-003 E AO CRUZEIRO)	42,16	41,9	0,26	Médio
054_794_36_74_V	VIADUTO 2 SOBRE A DF-003 ACESSO AO GUARÁ	7,1	0	7,1	Baixo
054_794_65_33_V	VIADUTO 1 SOBRE A DF-003 ACESSO AO GUARÁ	43,67	34,48	9,19	Médio
054_794_89_03_V	VIADUTO SOBRE A DF-003 ACESSO SIA	136,69	134,92	1,77	Crítico
063_794_55_14_V	VIADUTO 3 SOBRE A DF-003 ACESSO AO GUARÁ	89,05	88,85	0,2	Sofrível
063_794_16_34_V	VIADUTO 4 SOBRE A DF-003 ACESSO AO GUARÁ	4,84	0	4,84	Baixo
063_801_85_31_V	VIADUTO 3 EPTG - ENTRADA ÁGUAS CLARAS	6,13	0	6,13	Baixo
063_801_14_11_V	VIADUTO 4 EPTG - ENTRADA ÁGUAS CLARAS	7,25	0	7,25	Baixo
063_795_74_94_V	VIADUTO 3 NA DF-003 ACESSO AEROPORTO JK	21,75	15,33	6,42	Médio
063_795_02_29_V	VIADUTO 4 NA DF-003 ACESSO AEROPORTO JK	81,69	80,99	0,7	Sofrível
063_800_95_96_P	PONTE 4 SOBRE CÓRREGO VICENT PIRES	4,23	0	4,23	Baixo
063_801_97_59_P	PONTE 4 SOBRE O CÓRREGO SAMAMBAIA	33,53	31,18	2,35	Médio

(CONTINUAÇÃO) Tabela 4.1 -Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB no Lote 1

Etapa 2					
072_814_95_23_V	VIADUTO 1 NA BR-060 SOBRE A DF 180	5,23	0	5,23	Baixo
072_814_30_02_V	VIADUTO 2 NA BR-060 SOBRE A DF 180	6,70	0	6,70	Baixo
084_798_12_70_V	VIADUTO NO RETORNO SOBRE A BR-450 NO SENTIDO A BRASÍLIA, PROX. A PRF	8,18	0	8,18	Baixo
083_798_02_28_V	VIADUTO NO RETORNO SOBRE A BR-040 NO SENTIDO A SÃO SEBASTIÃO, PROX. A PRF	8,09	0	8,09	Baixo
083_802_66_03_V	VIADUTO SOBRE DF-065	17,61	13,58	4,03	Baixo
094_798_90_62_V	VIADUTO 2 NA BR040 DIVISA GOIÁS	16,63	13,6	3,03	Baixo
094_798_28_21_V	VIADUTO 1 NA BR040 DIVISA GOIÁS	17,8	16,96	0,84	Baixo
094_798_31_70_V	VIADUTO 2 NA BR040 ENTRADA DE SANTA MARIA	4,47	0	5,47	Baixo
083_802_66_34_V	VIADUTO DO PIRIQUITO 3	6,41	0	6,41	Baixo
084_795_14_45_V	VIADUTO SOBRE FERROVIA NA DF-251	27,2	22,87	4,33	Médio

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que a variação entre G_d^* e G_d , atingiu valor absoluto máximo de 10,81. Apesar de ser uma diferença expressiva, não alterou a avaliação final do grau de deterioração da estrutura. Considerando a variação percentual máxima, foram obtidos valores de 100% em relação ao G_d , essa situação ocorreu em função de não existirem valores $G_{de} \geq 15$ nos cálculos do G_d^* .

Conclui-se então, que o cálculo do G_d , que considera todos os valores de G_{de} , apresenta resultados mais consistentes para a análise de OAEs pouco danificadas. Além disso, observou-se uma peculiaridade na avaliação da Ponte 3 sobre córrego Vicente Pires (063_800_40_62_P), pois o valor encontrado para G_d foi de 17,5 e o valor para G_d^* foi de 14,7, o primeiro indicando médio grau de deterioração e o segundo indicando baixo grau de deterioração. Como a variação é pequena para esse caso e os valores de G_d são mais consistentes para todas as realidades encontradas nas OAEs, serão adotados somente os valores de G_d para as próximas análises.

Para facilitar a visualização dos resultados obtidos, foi realizado um gráfico que ilustra a porcentagem dos níveis de deterioração para as OAEs analisadas neste trabalho, apresentado na *Figura 4.1*.

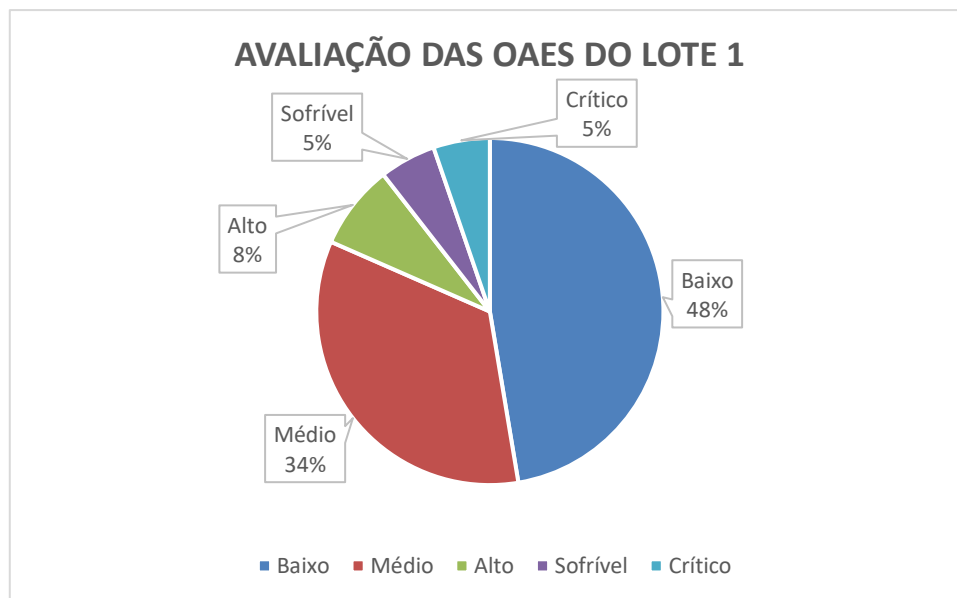


Figura 4.1 - Gráfico de Resultado das avaliações – Lote 1

Analisando o gráfico, nota-se que a maior parte das OAEs avaliadas se encontram no nível baixo de deterioração, equivalendo a 47,37% do total. Para esses casos, são recomendados apenas manutenções preventivas para poder assegurar sua vida útil, conforme a *Tabela 2.25* proposta por Euqueres (2011). Em segundo lugar, com 34,21% das OAE's, temos o nível médio de deterioração, sendo recomendado intervenções em até 2 anos. Para o nível alto de deterioração, temos 7,89% dos casos analisados, sendo recomendado manutenções em até 18 meses. Por fim, para os estados sofríveis e críticos temos 5,26% dos casos em cada. Vale ressaltar que esses são os mais altos níveis da escala, sendo exigidas manutenções em até 1 ano e imediatas, respectivamente. De modo geral, os resultados obtidos com a metodologia foram representativos já que refletem a realidade vigente nas Obras de Arte Especial avaliadas.

No tópico 4.3 serão abordados os resultados referentes às OAEs que obtiveram o maior, o menor e um nível médio de deterioração de estrutura dentre os 38 viadutos e pontes analisados. O Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA foi o selecionado com o maior valor de G_d , apresentando um valor igual a 136,69 e nível de deterioração considerado crítico. A Ponte 4 sobre córrego Vicente Pires, foi a que apresentou o menor grau de deterioração, G_d igual a 4,23 e nível de deterioração considerado baixo. Entretanto, a sua análise foi comprometida em função da acessibilidade ao local. Assim, neste trabalho, será detalhada a análise do Viaduto 4

sobre a DF-003 acesso ao Guará, que apresentou o segundo menor valor para o grau de deteriorao da estrutura, com G_d igual a 4,84. Para um valor médio, foi escolhido o Viaduto 1 - SPS (próximo  DF-003 e ao Cruzeiro) que apresentou um $G_d = 45,24$. Em seguida, serão detalhados os resultados para cada uma dessas Obras de Artes Especial selecionadas.

4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os resultados das análises das OAEs pertencentes ao Lote 1 foram adicionados a um banco de dados, onde foi possível gerar informaçoes mais aprofundadas acerca de suas manifestaoes patológicas. Dentre as 38 estruturas analisadas, foram vistoriadas ao total: 19 cortinas, 70 guardas-rodas, 176 pilares e 38 tabuleiros, sendo 131 divisoes de tabuleiro. Na *Figura 4.2*, temos o quantitativo de dano por família de elemento.

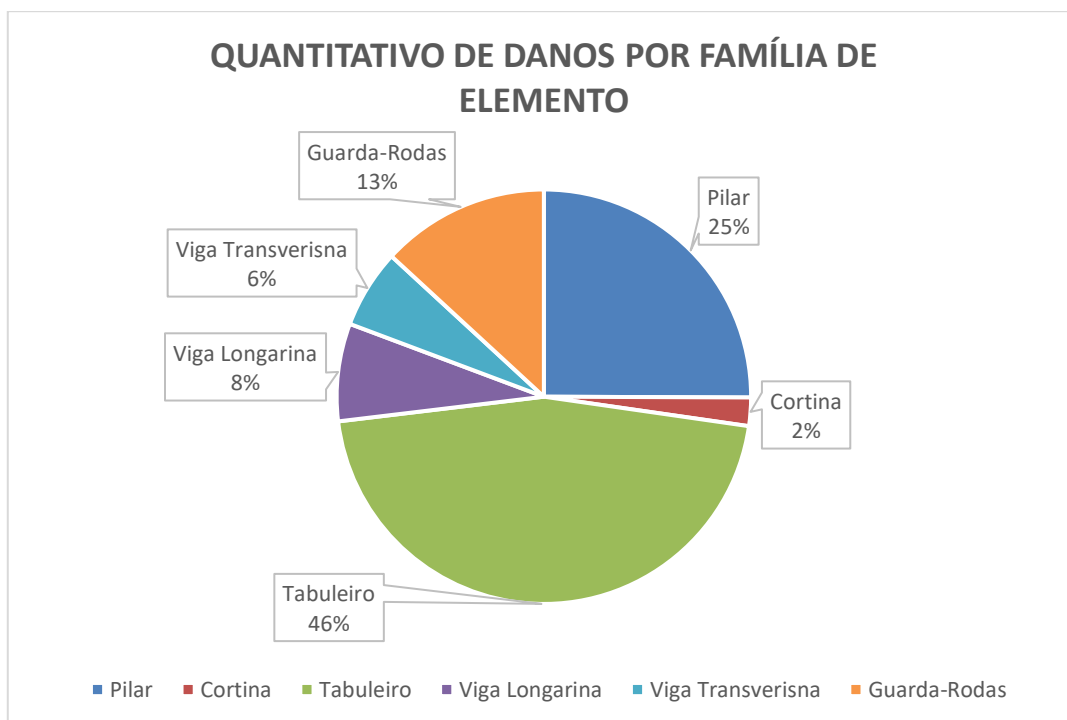


Figura 4.2 - Gráfico de Resultado das avaliaoes – Lote 1

Os tabuleiros, os pilares e os guarda-rodas foram os elementos que mais apresentaram manifestaoes patológicas, em funo da maior parte das OAEs analisadas serem compostas apenas por esses três elementos. Portanto, as próximas análises terão os mesmos como foco.

Dentre todos os danos elencados, as manifestações patológicas mais frequentes foram as fissuras e eflorescências, com 22,26% e 17,96%, respectivamente. A *Tabela 4.2* apresenta o quantitativo de patologias encontradas para todas as OAes desse trabalho.

Tabela 4.2 - Quantitativo de todas as patologias - Lote 1 de OAes

Danos	Frequência
Fissura	181
Eflorescência	146
Desplacamento	111
Mancha	93
Corrosão da Armadura	79
Infiltração de água	66
Cobrimento Deficiente	53
Falha de Concretagem	50
Abrasão	18
Desagregação	16

Analisando os danos ocorridos nos guarda-rodas, os deslocamentos e manchas representaram 25,00% e 20,45% dos danos nesses elementos, respectivamente. Esse expressivo percentual de ocorrência do dano deslocamento é um fato coerente com a principal função do guarda-rodas, que é de bloquear fisicamente a saída dos veículos da pista de rolamento. Analisando os dados dos pilares, as fissuras e os deslocamentos foram as manifestações patológicas mais presentes, representaram 21,57% e 20,10% dos danos, respectivamente. Para os pilares o percentual de deslocamento foi relativamente alto, evidenciando a ocorrência de batidas e degradação desses elementos. Como os pilares podem comprometer a estabilidade global da estrutura, necessitam de manutenções para garantirem o desempenho estrutural. Nos tabuleiros as manifestações mais recorrentes foram as fissuras e as eflorescências, que representaram, respectivamente, 25,91% e 18,96% das 121 divisões de tabuleiros analisadas.

Foram encontrados os níveis mais elevados para o grau de deterioração ($G_{de} > 101$) nos seguintes elementos: 4 guarda-rodas, 12 pilares e 10 partes de tabuleiros. Esse número é maior que o número de estruturas encontradas em nível crítico, pois um elemento considerado em nível crítico de deterioração não implicará, obrigatoriamente, em uma estrutura em nível crítico.

Nesses casos, devem ser reavaliadas as necessidades de intervenção de maneira isolada em cada elemento para garantir a estabilidade global da estrutura e a durabilidade.

4.2. VIADUTO SOBRE A DF-003 ACESSO AO SIA - 054_794_89_03_V

O Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA foi o que apresentou maior grau de deterioração da estrutura. Com o objetivo de conseguir um maior detalhamento dos resultados, foi aplicada a seguinte separação na análise do viaduto: 2 Guarda-Rodas, 9 pilares e 6 tabuleiros. Esses elementos foram identificados com base nos pontos cardeais e uma sequência numérica. Na *Figura 4.3*, podemos ver uma foto panorâmica do viaduto para facilitar a identificação dos elementos.



Figura 4.3 - Foto panorâmica do Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA

As *Tabelas 4.3* a *4.5* exemplificam as fichas de preenchimento utilizadas para a inspeção de cada família de elemento, listando as possíveis patologias, os fatores de ponderação, os fatores de intensidade atribuídos e a relevância. Por último, temos o resultado do grau de deterioração de cada elemento (G_{de}). As demais fichas podem ser consultadas no ANEXO.

Tabela 4.2 - Grau de deterioração do Guarda Rodas Norte

Elemento	F _r	Dano	F _p	F _i	D	G _{de}
<i>Guarda Rodas Norte</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	52,60
		Corrosão de armaduras	5	3	24	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Abrasão do Concreto	3		0	

Tabela 4.3 - Grau de deterioração do Pilar 5

Elemento	F _r	Dano	F _p	F _i	D	G _{de}
<i>Pilar 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	137,50
		Corrosão de armaduras	5	4	100	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	4	60	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Tabela 4.4 Grau de deterioração do Tabuleiro 1 - Leste

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
Tabuleiro 1 - Leste	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	2,67
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Em função dos valores de G_{de} , foi possível fazer o cálculo do grau de deterioração das famílias (G_{df}) e, conseqüentemente, o cálculo do grau de deterioração da estrutura (G_d). A Tabela 4-5 resume todos os resultados do Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA.

Tabela 4.5 - Resultados obtidos para o Viaduto sobre a DF-003 acesso ao SIA

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento	Grau de Deterioração da Família	Fator de Relevância	Grau de Deterioração Estrutural	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Guarda Rodas Norte</i>	52,60	103,49	1	136,69	Crítico
<i>Guarda Rodas Sul</i>	88,31				
<i>Pilar 2</i>	25,50	174,25	5		
<i>Pilar 3</i>	11,56				
<i>Pilar 4</i>	138,12				
<i>Pilar 5</i>	137,50				
<i>Pilar 6</i>	25,50				
<i>Pilar 1 - Leste - Sul</i>	0,00				
<i>Pilar 1 - Leste - Norte</i>	0,00				
<i>Pilar 7 - Oeste - Sul</i>	0,00	39,31	4		
<i>Pilar 7 - Oeste - Norte</i>	0,00				
<i>Tabuleiro 1 - Leste</i>	2,67				
<i>Tabuleiro 2</i>	31,64				
<i>Tabuleiro 3</i>	11,29				
<i>Tabuleiro 4</i>	6,72				
<i>Tabuleiro 5</i>	6,72				
<i>Tabuleiro 6 - Oeste</i>	10,29				

Analisando os resultados obtidos, nota-se que a família do elemento pilar foi a que apresentou o maior grau de deterioração, recebendo um G_{df} crítico, que é representado pelos valores acima de 100. Vale ressaltar que esse foi o viaduto selecionado com o grau de deterioração mais elevado dentre todas as estruturas avaliadas no Lote 1 de Obras de Artes Especiais de Brasília. Durante as inspeções visuais, foi observado um elevado nível de corrosão nas armaduras dos pilares, em conjunto com o efeito de deslocamento da camada de cobrimento, tais danos conferiram um grau de intensidade 4 para as patologias. Nas *Figuras 4.4* e *4.5* temos alguns registros desses danos apresentados para os pilares 4 e 5.



Figura 4.4 - Elemento Pilar 4 com corrosão de armadura e deslocamento



Figura 4.5 - Elemento Pilar 5 com corrosão de armadura e deslocamento

A situação observada para o guarda-rodas não foi muito diferente em relação aos pilares, mostrando um certo descaso com a preservação da estrutura e a necessidade de manutenções futuras. A *Figura 4.6* ilustra a situação dos guarda-rodas.



Figura 4.6 - Elemento Guarda Rodas Norte – Corrosão de armadura

Por fim, temos que o grau da deterioração final da estrutura foi de 136,9. Esse valor se encontra no intervalo crítico de deterioração, sendo recomendado planejamento de intervenção imediata (EUQUERES, 2011).

4.3. VIADUTO 4 SOBRE A DF-003 ACESSO AO GUARÁ – 063_794_16_34_V

O Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará foi o selecionado para representar o com menor valor para o grau de deterioração. A separação na análise deste viaduto consistiu em 1 Guarda-Rodas, 9 pilares, 6 tabuleiros. Na *Figura 4.7*, temos uma foto do Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará.



Figura 4.7 - Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará

As *Tabelas 4.7* à *4.8* exemplificam as fichas de preenchimento utilizadas para a inspeção de cada família de elemento, listando as suas possíveis patologias, os Fatores de Ponderação, os Fatores de Intensidade atribuídos e a relevância. Por último, temos o resultado do grau de deterioração de elemento (G_{de}). As demais fichas podem ser consultadas no ANEXO.

Tabela 4.6 - Grau de deterioração do Guarda Rodas Norte

Elemento	Fr	Dano	F _p	F _i	D	G _{de}
<i>Guarda Rodas Norte</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	

Tabela 4.7 - Grau de deterioração do Pilar 2

Elemento	Fr	Dano	F _p	F _i	D	G _{de}
<i>Pilar 2</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	4,27
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Tabela 4.8 - Grau de deterioração do Tabuleiro 1 Leste

Elemento	F_r	Dano	F_p	F_i	D	G_{de}
Tabuleiro 1 - Leste	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Em função dos valores de G_{de} obtidos, é possível fazer o cálculo do grau de deterioração das famílias (G_{df}). Em seguida, é feito o cálculo do grau de deterioração da estrutura (G_d). A Tabela 4.9 resume o resultado de todos os índices para todos os elementos do Viaduto 2 sobre a Df-003 acesso ao Guará.

Tabela 4.9 - Resultados obtidos para o Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará

Elemento	Grau de Deteriorao do Elemento (G_{de})	Grau de Deteriorao da Família (G_{df})	Fator de Relevância (F_r)	Grau de Deteriorao Estrutural (G_d)	Nível de Deteriorao da Estrutura
<i>Guarda Rodas Norte</i>	1,60	3,86	1	4,84	Baixo
<i>Guarda Rodas Sul</i>	3,36				
<i>Pilar 2</i>	4,27	5,55	5		
<i>Pilar 3</i>	3,20				
<i>Pilar 4</i>	3,20				
<i>Pilar 5</i>	1,60				
<i>Pilar 6</i>	1,60				
<i>Pilar 1 - Leste - Sul</i>	0,00				
<i>Pilar 1 - Leste - Norte</i>	0,00				
<i>Pilar 7 - Oeste - Sul</i>	0,00				
<i>Pilar 7 - Oeste - Norte</i>	0,00				
<i>Tabuleiro 1 - Leste</i>	3,36				
<i>Tabuleiro 2</i>	4,98				
<i>Tabuleiro 3</i>	3,36				
<i>Tabuleiro 4</i>	3,36				
<i>Tabuleiro 5</i>	4,57				
<i>Tabuleiro 6 - Oeste</i>	2,40				

Analisando os resultados obtidos, podemos notar que a família do elemento Tabuleiro foi a que apresentou o maior grau de deteriorao, ainda assim, recebendo um G_{df} considerado baixo, com valor igual a 10,55. Vale ressaltar que esse foi o viaduto selecionado com o segundo menor grau de deteriorao dentre todas as estruturas avaliadas no Lote 1 de Obras de Artes Especiais de Brasília. Durante as inspeoes visuais, foi observado que a estrutura, apesar de nova já apresenta algumas patologias, porém com intensidade baixa. Nas *Figuras 4.8 e 4.9*, temos alguns registros de seus elementos estruturais.



Figura 4.8 - Elemento Guarda Rodas Norte – Fissuras



Figura 4.9 - Tabuleiro Leste - Eflorescência

Portanto, foi considerado que a estrutura apresenta um bom estado de conservação, em função da baixa intensidade na ocorrência de suas patologias. O grau da deterioração final da estrutura foi de 4,84. Esse valor corresponde ao nível baixo de deterioração, sendo recomendadas apenas manutenções preventivas (EUQUERES, 2011).

4.4. VIADUTO 1 - SPS (PRÓXIMO A DF-003 E AO CRUZEIRO) – 054_793_50_70_V

Com o objetivo de conseguir um maior detalhamento dos resultados, foi aplicado a seguinte separação na análise do viaduto: 2 Guarda-Rodas, 2 pilares e 2 tabuleiros. Esses elementos foram identificados com base nos pontos cardeais. Na *Figura 4.10*, podemos ver uma foto panorâmica do viaduto para facilitar a identificação dos elementos.



Figura 4.10 - Foto panorâmica do Viaduto 1 - SPS (Próximo a DF-003 E Ao Cruzeiro)

As *Tabelas 4.10* à *4.12* exemplificam as fichas de preenchimento utilizadas para a inspeção de cada família de elemento, listando as suas possíveis patologias, os Fatores de Ponderação, os Fatores de Intensidade atribuídos e a relevância. Por último, temos o resultado do grau de deterioração de elemento (G_{de}). As demais fichas podem ser consultadas no ANEXO.

Tabela 4.10 - Grau de deterioração do Guarda Rodas Norte

Elemento	F _r	Dano	F _p	F _i	D	G _{de}
<i>Guarda Rodas Norte</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	6,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	

Tabela 4.11 - Grau de deterioração do Pilar Leste

Elemento	F _r	Dano	F _p	F _i	D	G _{de}
<i>Pilar Leste</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	7,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3	2	4,8	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Tabela 4.12 - Grau de deterioração do Tabuleiro Oeste

Elemento	F_r	Dano	F_p	F_i	D	G_{de}
<i>Tabuleiro Oeste</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	61,48
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento	3	3	24	
		Eflorescência	2	4	40	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	2	0	
		Manchas	3	2	0	
		Abrasão do concreto	3		0	

Em função dos valores de G_{de} obtidos, é possível fazer o cálculo do grau de deterioração das famílias (G_{df}). Em seguida, é feito o cálculo do grau de deterioração da estrutura (G_d). A Tabela 4.13 resume o resultado de todos os índices para todos os elementos Viaduto 1 - SPS (Próximo a DF-003 E Ao Cruzeiro).

Tabela 4.13 - Resultados obtidos para o Viaduto 1 - Sps (Próximo a Df-003 E Ao Cruzeiro).

Elemento	Grau de Deterioração do Elemento (G_{de})	Grau de Deterioração da Família (G_{df})	Fator de Relevância (Fr)	Grau de Deterioração Estrutural (G_d)	Nível de Deterioração da Estrutura
<i>Guarda Rodas Norte</i>	6,00	6,60	1	45,24	Médio
<i>Guarda Rodas Sul</i>	1,60				
<i>Pilar Leste</i>	7,20	8,82	5		
<i>Pilar Oeste</i>	7,20				
<i>Tabuleiro Oeste</i>	61,48	74,73	4		
<i>Tabuleiro Leste</i>	56,19				

Analisando os resultados obtidos, podemos notar que a família do elemento Tabuleiro foi a que apresentou o maior grau de deterioração, com um valor de G_{df} igual a 74,73. Esse valor foi decorrente das manifestações de eflorescências observadas em grande parte de sua extensão.

Nas *Figuras 4.11 e 4.12*, temos alguns registros das condições de máxima seus elementos estruturais.



Figura 4.11 - Elemento Tabuleiro – Eflorescência

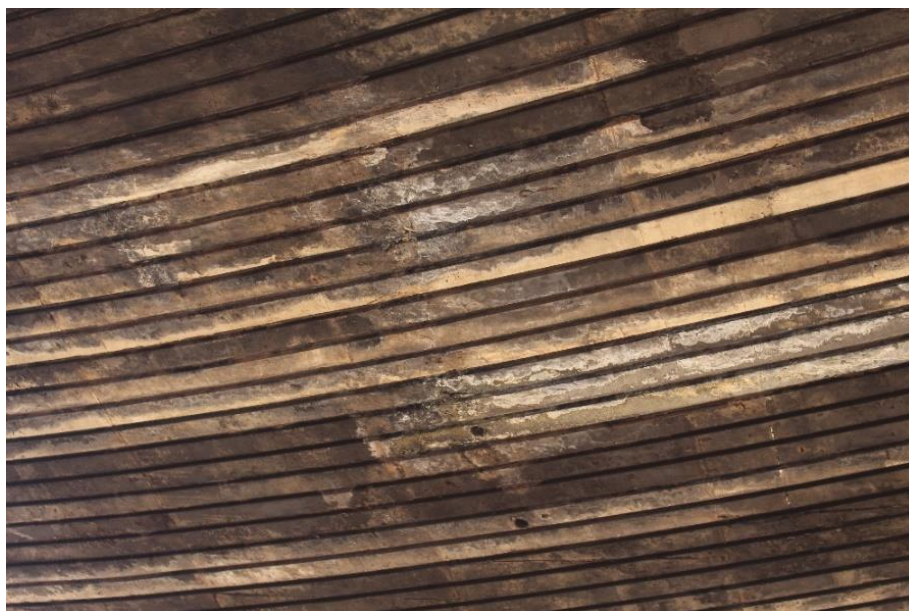


Figura 4.12 - Elemento Tabuleiro - Eflorescência

A estrutura apresentou um nível médio de deterioração, correspondente ao grau da deterioração final da estrutura de 45,24. Neste nível são recomendadas manutenções em um período máximo de até 2 anos (EUQUERES, 2011).

5. CONCLUSÃO

Este projeto foi desenvolvido em colaboração com mais 5 alunos de Engenharia Civil, com o objetivo de aplicar a metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília (GDE/UnB) para avaliar as condições de 250 viadutos/pontes espalhados pela região central do Distrito Federal. O conteúdo desse trabalho foi desenvolvido para o Lote 1, contendo 50 OAEs, das quais 38 puderam ser analisadas. Dentre as OAEs analisadas neste trabalho, 29 são viadutos e 9 são pontes. Somando todas as avaliações realizadas nos 5 Lotes por todos os responsáveis, foi possível avaliar um total de 179 OAEs. O número de OAEs avaliadas na segunda etapa do trabalho diminuiu em função da menor duração do semestre letivo para realização do trabalho destinado à segunda etapa e a inacessibilidade à algumas pontes sem a utilização de equipamentos adequados para vencer barreiras físicas e garantir a segurança do técnico responsável pela inspeção.

A metodologia GDE/UnB foi aplicada nas suas últimas revisões e adaptações da literatura técnica, considerando o Manual de Aplicação da Metodologia GDE/UnB a Obras de Arte Especiais (VERLY 2015). A análise do grau de deterioração estrutural foi feita considerando todos os valores de grau de deterioração dos elementos – G_{de} – em função dos resultados nulos obtidos para o cálculo de estruturas pouco danificada, com os valores de G_{de} maiores que 15.

Com o objetivo de diminuir a subjetividade das análises foram realizadas reuniões semanais e discussões a respeito das conclusões de cada um. Após o balizamento e avaliação das OAEs, foi criado um banco de dados de fotografias dos danos dos viadutos. Os resultados para o grau de deterioração da estrutura foram obtidos por meio de planilhas programadas.

Para as Obras de Artes Especiais analisadas neste trabalho, 18 estruturas obtiveram um nível baixo de deterioração, 13 apresentaram um nível médio, 3 estão em nível alto, 2 em nível sofrível e 2 em crítico, conforme a *Tabela 2.25* proposta por Euqueres, 2011. O Viaduto sobre

a DF-003 acesso ao SIA obteve o pior grau de deterioração, com G_d igual a 136,9, estando no nível crítico de deterioração, sendo necessária intervenção imediata para poder prolongar sua vida útil. A OAE que obteve menor G_d foi a ponte a 4 sobre córrego Vicente Pires, entretanto devido à dificuldade de acesso ao local sua inspeção não foi completa. Portanto, optou-se por escolher o Viaduto 4 sobre a DF-003 acesso ao Guará com o segundo menor valor para o grau de deterioração da estrutura, com G_d igual a 4,84, sendo necessário apenas manutenção preventiva. Por último, o com nível médio de deterioração da estrutura, foi selecionado o Viaduto 1 - SPS (próximo a DF-003 e ao Cruzeiro) que apresentou um G_d igual a 45,24, sendo necessária intervenção em até 2 anos. Os resultados obtidos com a metodologia foram representativos já que refletem a realidade vigente nas Obras de Arte Especial avaliadas. De modo geral, a maior parte das OAEs, apresentaram nível baixo e médio de deterioração.

Os dados obtidos nas inspeções de todas as OAEs serão utilizados para compor o banco de dados do Sistema de Gestão de Obras de Artes Especiais do Distrito Federal (SigoA-DF), que auxiliará no desenvolvimento da metodologia e na realização de inspeções futuras. A aplicação da metodologia GDE/UnB periodicamente é importante para a prevenção de avarias em pontes e viadutos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6118 (2014). Projeto de Estruturas de Concreto – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANDRADE, J. J. O.; 1997. Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análise das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, RS, 139 p.

BOLDO, P.; 2002. Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro. Dissertação de Mestrado, Publicação E.DM-001A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 295p.

CASTRO, E. K.; 1994. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Publicação N°: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes, 1ª ed. Brasília, DF, 2017, 84 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, 2. ed. Rio de Janeiro, 2004, 253 p.

EUQUERES, P.; 2011. Metodologia de Inspeção em Estruturas de Pontes de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 168 p.

FONSECA, R. P.; 2007. 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, Publicação E.DM – 006 A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 213p.

Há 30 anos, Brasília se tornava Patrimônio Cultural da Humanidade. CORREIO BRAZILIENSE, Cidades, Brasília, 7 de dezembro de 2017. Disponível em: <

https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/cidades/2017/12/07/interna_cidadesDF,646122/ha-30-anos-brasilia-se-tornava-patrimonio-cultural-da-humanidade.shtml. Acesso em: 03 de maio de 2019.

KLEIN, D., GASTAL, F., CAMPANOLO, J.L & SILVA FILHO, L. C.; 1991. “Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte”, XXV Jornada Sul Americana de Engenharia Estrutural, Porto Alegre, pp.185–196, Novembro.

Laudo da UnB contradiz governo e recomenda demolição completa de viaduto do Eixão. G1 DF, Brasília, 7 de fev. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/DF/distrito-federal/noticia/viaduto-do-eixao-unb-contradiz-governo-e-recomenda-demolicao-do-que-restou.ghtml>>. Acesso em: 03 de maio de 2019.

LOPES, B. A. R.; 1998. “Sistema de Manutenção Predial para Grades Estoques de Edifícios: Estudo para inclusão do componente “Estrutura de Concreto”. Dissertação de Mestrado, Publicado Nº: E.DM-011A/98, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p.

LOURENÇO, L. C. *et al.* Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais. Revista de Engenharia Civil. Universidade de Minho, nº 34, 2009.

PESSOA, D. F.; 2002. A Estrutura da Catedral de Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Manutenção. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 243 p.

ROSA, F. B.; 2014. Comparação das Metodologias de Inspeção de Obras de Arte: Metodologia GDE/UnB e DNIT. Monografia de Projeto Final II, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 110p.

SANTIAGO, P. H. R.; AZEVEDO, V. V.; 2012. Aplicação da Metodologia GDE em Pontes e Viadutos. Monografia de Projeto Final II, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 77 p.

SEEGETH, 2019 – Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação – Mapa Índice Articulação SICAD – Escalas 1:10.000 – Folhas 103, 120, 121, 137 e 153. Disponível em: <<http://mapas.segeth.DF.gov.br/index2.htm>>; Acesso em: 23 de maio de 2019.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1. ed. São Paulo: PINI, 1998. 250 p.

TRIBUNAL DE CONTAS DO DISTRITO FEDERAL – TCDF. Relatório de Auditoria: Avaliação da Destinação de Recursos para Obras em Andamento e os Procedimentos Afetos às Atividades de Manutenção dos Bens Públicos. Brasília, DF, 2012.

TUUTTI, K.; 1982. *Corrosion of Steel in Concrete. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm*, 469 p.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB. Nota Técnica ENC/UNB – N°001-2018 de 07 de março de 2018. Análise Técnica das Causas do Desabamento Parcial da Estrutura do Viaduto Sobre a Galeria dos Estados – Brasília – DF.

VERLY, R. C.; 2015. Avaliação de Metodologias de Inspeção como Instrumento de Priorização de Intervenções em Obras de Arte Especiais. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-015A/15, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p.

LAURIA, Maria Luisa Miranda. Avaliação dos Viadutos do Eixo Rodoviário Sul de Brasília pela Metodologia GDE/UnB. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, [S. l.], 2018.

PAVONI, Felipe Barretto. Avaliação das Obras de Arte Especiais do Eixo Rodoviário Norte de Brasília pela Metodologia do Grau de Deterioração Estrutural da Universidade de Brasília. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, [S. l.], 2019.

7. ANEXO

7.1. FICHAS DE INSPEÇÃO

Tabela 7.1 - Ficha de Inspeção – Cortina e Contenção

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Cortina</i>	Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Deslocamento por empuxo	5	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
Abrasão do concreto	3			

Tabela 7.2 - Ficha de Inspeção - Guarda-rodas

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Guarda Rodas</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Desplacamento	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Infiltração de água	3	
		Abrasão do Concreto	3	

Tabela 7.3 - Ficha de Inspeção – Pilar e Pilar-Parede

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Pilar</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Deslocamento por empuxo	5	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7.4 - Ficha de Inspeção – Tabuleiro

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Tabuleiro</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Desplacamento	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Flechas	5	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7.5 - Ficha de Inspeção – Transversina

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Transversina</i>	Fr = 3	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desagregação	3	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Abrasão do concreto	3	

Tabela 7.6 - Ficha de Inspeção – Longarina

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi
<i>Longarina</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5	
		Desplacamento	3	
		Desvio de geometria	3	
		Eflorescência	2	
		Falhas de concretagem	2	
		Fissuras (2 a 5)	2	
		Infiltração de água	3	
		Manchas	3	
		Sinais de Esmagamento	4	
		Abrasão do concreto	3	

7.2. 054_794_89_03_V

Tabela 7.7 - Ficha de Inspeção – 054_794_89_03_V

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
<i>Guarda Rodas Norte</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	52,60
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Guarda Rodas Sul</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3	2	4,8	88,31
		Corrosão de armaduras	5	3	40	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	4	60	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3	2	4,8	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Pilar 2</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	25,50
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	3	24	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	

		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 3</i>	Fr = 4	Corrosão de armaduras	5	2	8	11,56
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	2	4,8	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Pilar 4</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5			4	100	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3			3	24	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2			1	1,6	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Pilar 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	119,35
		Corrosão de armaduras	5	4	100	
		Desagregação	3		0	

		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	3	24	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 6</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	25,50
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3	3	24	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 1 - Leste - Sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	0,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	

		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 1 - Leste - Norte</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	0,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Pilar 7 - Oeste - Sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Pilar 7 - Oeste - Norte</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	

		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 1 - Leste</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	2,67
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Tabuleiro 2</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5			2	8	
Desagregação	3				0	
Desplacamento	3				0	
Eflorescência	2			2	3,2	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Flechas	5				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Abrasão do concreto	3			3	24	
<i>Tabuleiro 3</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	1
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	

		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 4</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	6,72
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	6,72
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3	2	4,8	
<i>Tabuleiro 6 - Oeste</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	10,29
		Corrosão de armaduras	5	2	8	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	2	3,2	

		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

7.3. 054_794_16_34_V

Tabela 7.8 - Ficha de Inspeção – 054_794_16_34_V

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
<i>Guarda Rodas Norte</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Guarda Rodas Sul</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3	1	2,4	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Pilar 2</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	4,27
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	

		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 3</i>	Fr = 4	Corrosão de armaduras	5		0	3,20
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 4</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	

<i>Pilar 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 6</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 1 - Leste - Sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	0,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	

		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 1 - Leste - Norte</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	0,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Pilar 7 - Oeste - Sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Pilar 7 - Oeste - Norte</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	

		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 1 - Leste</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 2</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	4,98
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 3</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	

		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 4</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,36
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	4,57
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 6 - Oeste</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	2,40
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	

		Desplacamento	3		0
		Eflorescência	2	1	1,6
		Falhas de concretagem	2		0
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6
		Flechas	5		0
		Infiltração de água	3		0
		Manchas	3		0
		Abrasão do concreto	3		0

7.4. 054_793_50_70_V

Tabela 7.9 - Ficha de Inspeção - 054_793_50_70_V

Elemento	Fr	Dano	Fp	Fi	D	Gde
<i>Guarda Rodas Norte</i>	Fr = 1	Cobrimento deficiente	3		0	1,60
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Abrasão do Concreto	3		0	
<i>Pilar 2</i>	Fr = 5	Cobrimento deficiente	3		0	3,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 3</i>	Fr = 4	Corrosão de armaduras	5		0	3,20
		Desagregação	3		0	

		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 4</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,20
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	

		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 6</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	4,27
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2	1	1,6	
		Fissuras (2 a 5)	2	2	3,2	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Pilar 1 - Leste - Sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Pilar 1 - Leste - Norte</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	

		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Pilar 7 - Oeste - Sul</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	0,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Deslocamento por empuxo	5		0	
		Desplacamento	3		0	
		Desvio de geometria	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Infiltração de água	3		0	
		Manchas	3		0	
		Sinais de Esmagamento	4		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Pilar 7 - Oeste - Norte</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Deslocamento por empuxo	5				0	
Desplacamento	3				0	
Desvio de geometria	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Sinais de Esmagamento	4				0	
Abrasão do concreto	3				0	
<i>Tabuleiro 1 - Leste</i>	Fr = 4			Cobrimento deficiente	3	

		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 2</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	5,12
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2		0	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3	1	2,4	
<i>Tabuleiro 3</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	3,77
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	1	1,6	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3		0	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 4</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3		0	6,98
		Corrosão de armaduras	5		0	

		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2		0	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	
<i>Tabuleiro 5</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	1	2,4	8,00
		Corrosão de armaduras	5		0	
		Desagregação	3		0	
		Desplacamento	3		0	
		Eflorescência	2	2	3,2	
		Falhas de concretagem	2		0	
		Fissuras (2 a 5)	2	1	1,6	
		Flechas	5		0	
		Infiltração de água	3	1	2,4	
		Manchas	3	2	4,8	
		Abrasão do concreto	3		0	
		<i>Tabuleiro 6 - Oeste</i>	Fr = 4	Cobrimento deficiente	3	
Corrosão de armaduras	5				0	
Desagregação	3				0	
Desplacamento	3				0	
Eflorescência	2				0	
Falhas de concretagem	2				0	
Fissuras (2 a 5)	2				0	
Flechas	5				0	
Infiltração de água	3				0	
Manchas	3				0	
Abrasão do concreto	3				0	